



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Diplomová práce

Hodnocení vybraných pekařských výrobků v závislosti na
technologii výroby a receptuře

Autorka práce: Bc. Vanda Hrdličková
Vedoucí práce: Ing. Jan Bedrníček, Ph.D.
Konzultant práce: Ing. František Lorenc, Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Společně s nastupujícími trendy zdravého životního stylu, bio produktů a ekologického zemědělství se do povědomí populace čím dál tím více dostává domácí výroba nejrůznějších potravinářských výrobků a s ní i proces fermentace. Fermentační technologie zahrnují širokou škálu produktů, ať už v potravinářství či v jiných oborech. První zmínky o fermentaci mouky a vody (tedy pekařského kvasu) jsou mapovány již v době 1500 před Kristem ve starém Egyptě, a i přes nové technologie kypření těsta, jako jsou např. droždí, kypřicí prášek a jedlá soda, se právě pekařský kvas dostává do obliby nejen pekařů, ale i běžné populace.

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv použitého kvasu či pekárenských kvasnic na kvalitu pekařských výrobků. První část je věnována teoretickému přehledu, týkající se fermentací, obilovinám, pečivu a technologiím jeho výroby. Druhá část práce byla praktická, kde byly vzorky připraveného pečiva vyhodnoceny dvěma metodami na základě pekařského pokusu – tedy senzoričkou analýzou a fyzikálně-chemickými analýzami. Práce byla doplněna i o dotazníkové šetření.

Byly zjištěny významné rozdíly ve fyzikálněchemických parametrech chlebů kypřených kvasem a kypřených za pomoci kvasnic (kyselost, objemová hmotnost, projevy stárnutí). Rovněž byl prokázán pozitivní vliv kvasu v senzoričké analýze, při které byly kvasové chleby hodnoceny hodnotiteli lépe než vzorek chlebu kvasnicového.

Klíčová slova: kvas, kvasnice, droždí, bakterie mléčného kvašení, kvasinky, chléb

Abstract

Together with the emerging trends of healthy lifestyle, organic products and organic farming, the domestic production of various food products and the fermentation process are becoming increasingly more important for the population. Fermentation technologies cover a wide range of products in the food industry or in other fields. The first references mentioning fermentation of flour and water (i.e. sourdough) date back to 1500 BC in ancient Egypt, and despite new dough-raising technologies such as baker's yeasts, baking powder and baking soda, it is sourdough starter that is becoming popular not only for bakers but also for the whole population.

The aim of this thesis was to evaluate the effect of the sourdough starter used on the quality of bakery products. The first part is devoted to a theoretical overview concerning fermentations, cereals, bakery products and their production technologies. The second part of the thesis was practical, where samples of the produced bakery products were evaluated by two methods based on the baking experiment, i.e. sensory analysis and physicochemical analysis. The thesis was also complemented by a questionnaire survey.

Significant differences were found in the physicochemical parameters of yeast-leavened and sourdough leavened loaves of bread (acidity, bulk density, ageing symptoms). A positive effect of leavening was also demonstrated in the sensory analysis, in which the sourdough loaves of bread were rated better by the evaluators than the leavened bread samples.

Keywords: sourdough, leaven, lactic acid bacteria, yeasts, bread

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Bedrníčkoví, Ph.D. za vedení, vstřícný přístup, nápady a všechny cenné rady. Velké poděkování také patří všem hodnotitelům sensorické analýzy a respondentům dotazníkového šetření, bez nichž by nebylo možné dosáhnout získaných dat a výsledků.

V poslední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za trpělivost a obrovskou podporu během celého mého studia.

Obsah

Úvod.....	9
1 Literární přehled řešené problematiky	10
1.1 Fermentace	10
1.1.1 Princip fermentace	11
1.1.2 Klasifikace fermentačních procesů	11
1.2 Střevní mikrobiota a vliv fermentovaných výrobků na trávicí systém	15
1.2.1 Fermentované výrobky pro specifické diety pacientů	15
1.3 Složení u chlebů a pečiva	17
1.3.1 Mouka	17
1.3.2 Droždí.....	21
1.3.3 Kvas	22
1.3.4 Ostatní suroviny	23
1.4 Technologie výroby chleba	23
1.4.1 Vyvádění kvasu	24
1.4.2 Vedení těsta	26
1.5 Vliv kvasu na kvalitativní parametry chleba.....	26
2 Cíl práce	28
3 Materiál a metodika.....	29
3.1 Vyvádění kvasů	29
3.2 Příprava kvasového pečiva.....	29
3.3 Receptury	30
3.4 Senzorická analýza upečených vzorků.....	31
3.5 Dotazníkové šetření.....	32
3.6 Fyzikálněchemické analýzy chlebů a těst	32
3.6.1 Stanovení ztrát vody při pečení.....	33
3.6.2 Měření kyselosti (pH) těsta a upečených bochníků	33

3.6.3	Stanovení objemové hmotnosti bochníku chleba.....	33
3.6.4	Analýza textury	33
3.6.5	Analýza barvy	34
3.7	Statistické vyhodnocení dat.....	34
4	Výsledková část a diskuze	35
4.1	Fyzikálněchemické parametry	35
4.1.1	Kyselost těsta (pH).....	35
4.1.2	Kyselost upečených bochníků (pH)	36
4.1.3	Ztráty vody při pečení	36
4.1.4	Objemová hmotnost pečiva.....	38
4.1.5	Barva	39
4.1.6	Analýza stárnutí pečiva	40
4.2	Senzorické hodnocení	41
4.2.1	Senzorický profil.....	41
	Vyhodnocení parametru textura	41
	Vyhodnocení parametru vzhled	43
	Vyhodnocení parametru vůně	43
	Vyhodnocení parametru chuť	45
4.2.2	Preferenční (pořadová) zkouška.....	46
4.3	Vyhodnocení dotazníkového šetření	47
Závěr	.....	56
SEZNAM ZDROJŮ A POUŽITÉ LITERATURY	.....	57
Seznam obrázků	.....	66
Seznam tabulek	.....	67
Seznam grafů.....	.....	68
Seznam použitých zkratk.....	.....	69
Seznam příloh.....	.....	70

Přílohy	71
---------------	----

Úvod

Chléb, jehož základní recepturu tvoří mouka, voda a sůl je už po staletí základní potravinou bohatých i chudých lidí na této planetě. Dnes ho lze koupit v každém obchodě s potravinami téměř kdekoli na světě, avšak jeho výběr je velmi rozmanitý, přičemž každá země má svou osobitou recepturu. K jeho výrobě jsou používány různé mouky i jejich kombinace, droždí či kvas, tuk, ořechy, semena či všechny možné druhy bylin a koření. Výsledná chuť chleba tak vůbec nemusí odpovídat standardům, na které jsou obyvatelé ve svých zemích zvyklí.

Chléb a pečivo jsou zdrojem komplexních sacharidů neboli polysacharidů, které by měly zaujímat nadpoloviční množství z celkového příjmu živin každého zdravého jedince. Komplexní sacharidy jsou také součástí rýže, těstovin či brambor, avšak ani jedna ze jmenovaných nemá v České republice zaznamenanou tak vysokou spotřebu, při porovnání s chlebem a pečivem (Český statistický úřad, 2022). Ze statistického hlediska je zaznamenána nejvyšší spotřeba u pšenice a z ní vyrobených pšeničných výrobků. Dnešním trendem zdravé výživy jsou však stále více upřednostňovány žitné, popř. celozrnné varianty pšeničného pečiva, které obsahují vyšší množství vlákniny, vitamínů a minerálních látek, což přispívá jako prevence civilizačních onemocnění.

Výroba pečiva, za pomoci fermentačních metod (kvasu) sahá daleko do historie, kdežto speciálně vyšlechtěné a dnes již běžně komerčně prodávané pekárenské kvasnice (droždí) jsou poměrně novodobou inovací. Lahue et al., (2020) uvádí, že první kultivace samostatných kvasinek, využívaných v potravinářství je datován kolem roku 1700 a první lisované droždí pak vešlo do prodeje v 80-90. letech 18. století.

I přes to, že kvas zahrnuje spoustu benefitů, včetně nenahraditelných senzoric-
kých vlastností, stalo se pekařské droždí mnohem více používaným, jak v domácím pečení, tak ve velkovýrobních pekárnách. Důvodem je menší časová náročnost a celková jednoduchost, kterou s sebou droždí přináší.

1 Literární přehled řešené problematiky

1.1 Fermentace

Fermentace (lidověji také kvašení), je biochemický proces, při němž se postupně, za účasti mikroorganismů přeměňují složité organické látky na látky jednodušší. Z chemického hlediska se tedy jedná se tedy o katabolický proces, během kterého se uvolňuje energie (Všeobecná encyklopedie v osmi svazcích, 1999).

Tyto mikroorganismy, ať už se jedná o bakterie mléčného kvašení, kvasinky či některé plísně, byly důkladně zkoumány ve vztahu ke zdraví člověka a vyhodnoceny jako bezpečné. Následně jim tak byl Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv FDA udělen statut GRAS (generally recognized as safe), čímž se umožnilo jejich využití v potravinářství (FDA, 2018).

Fermentované výrobky zahrnují řadu potravin. Jedná se o fermentovanou zeleninu, mléčné výrobky (především jogurty, kefiry, sýry), masné výrobky typu Poličan, Herkules, Lovecký salám či fermentovaná masa (sušené šunky, pršuty). Dále se jedná o výrobu alkoholických nápojů (pivo, víno a některé destiláty), fermentované výrobky ze sóji (sójová omáčka, tempeh, miso) a v neposlední řadě výroba pekařského droždí, kvasu a kvasových chlebů, octu, hořčice a tzv. Pu-erh čajů (Hutkins, 2019).

Možnosti využití fermentačních postupů v praxi jsou poměrně různorodé. Jak bylo zmíněno, největší uplatnění stále nachází v potravinářství. Ať už se jedná se o způsob konzervace a prodloužení trvanlivosti surovin či o změnu nutričních i senzoryckých vlastností. Důležitá je i pro přeměnu na lepší stravitelnost látek – příkladem je např. sója, jejíž bílkoviny musejí před samotnou konzumací projít úpravou (ať už tepelnou či fermentační). Fermentace je také oblíbená pro vznik nových látek jako je např. ethanol, což nachází uplatnění při výrobě především piva a vína. V posledních letech však dochází k rozvoji fermentačních technologií také ve farmacii a průmyslové výrobě (Kadlec et al., 2012).

Z historického hlediska považujeme fermentaci za jeden z nejstarších postupů. Ward (1947) ve své knize tvrdí, že první zmínky o výrobě piva jsou již z období 5000 let př. n. l. Výrobu vína, pak datuje ještě dříve, a to zhruba 10 000 let př. n. l. V literatuře od Rychtera (2012) se zase setkáváme s rozdělením fermentací do celkově pěti období. První období předcházelo „ěře Pasterových objevů.“ Roku 1857 Louis Pasteur přichází s tzv. „germ theory of fermentation“ neboli fermentační teorií. V ní na svých experimentech, dokazuje účast mikroorganismů na všech fermentač-

ních procesech (Ullmann, 2023). V druhém období, datovaném v letech 1886-1940 dochází k produkci čistých fermentačních produktů (ethanol, citronová kyselina, aceton). Od roku 1940 nastává éra výroby antibiotik. Následné čtvrté období je věnována pozornost kultivaci buněk in vitro a výrobě vakcín (tj. v letech 1960-1975) a po roce 1975 dochází k objevům a rozvoji využití moderních genetických postupů (př. výroba inzulinu ze *Sacharomyces cerevisiae* a bakterie *Escherichia coli*) (Kadlec et al., 2012).

1.1.1 Princip fermentace

Zatímco anglický termín „fermentation“ zahrnuje širokou škálu procesů, kterých se účastní všechny možné mikroorganismy, v českém jazyce lze tento termín rozdělit do dvou kategorií. První z nich je kvašení (neboli fermentace), která probíhá striktně anaerobně, tedy bez přístupu kyslíku. Příkladem je alkoholové, máselné a mléčné kvašení. Dochází ke štěpení sacharidů za vzniku oxidu uhličitého a dalšího konkrétního metabolitu. Vedle kvašení jsou v anglickém termínu fermentace zahrnuté také aerobní mikrobiální procesy, během kterých mikroorganismy využívají v procesu přeměny uhlíkatých zdrojů také kyslík (Kadlec et al., 2012). V české literatuře by se však pro tyto aerobní děje namísto pojmu fermentace měl užívat spíše pojem respirace. Té se účastní převážně kvasinky, které se často řadí mezi fakultativně anaerobní organismy – tedy jsou schopny metabolizovat cukry jak v anaerobním, tak v aerobním prostředí (Stieglmeier, 2009).

Oba dva způsoby (fermentace i respirace) začínají procesem glykolýzy. Glukóza se přeměňuje na pyrohroznovou kyselinu neboli pyruvát. Ten jako výchozí látka vstupuje buď do anaerobní fermentace, nebo je transformován na acetylkoenzym A za přístupu kyslíku vstupuje do Krebsova cyklu (Mikuš, 2019). Tato práce však bude zaměřena na kvašení, tedy anaerobní fermentaci.

1.1.2 Klasifikace fermentačních procesů

Fermentační procesy v potravinách lze dělit dle několika způsobů, přičemž jedním z nich je rozdělení podle typu výsledného metabolitu, respektive působících mikroorganismů. To ve svém článku rozdělují i Manna et al., (2021), viz tabulka 1.1.

Tabulka 1.1. Rozdělení fermentačních procesů využívaných v potravinářství, na základě výchozího metabolitu, (Mannaa et al., 2021)

Fermentace	Mírkoorganismy	Substrát	Výchozí metabolit
Alkoholová fermentace	kvasinky	sacharidy	ethanol + CO ₂
Mléčná fermentace	bakterie mléčného kvašení	sacharidy	mléčná kyselina, organické sloučeniny
Octová fermentace	octové bakterie	ethanol	octová kyselina + H ₂ O
Alkalická fermentace	<i>Bacillus</i>	proteiny	peptidy, amoniak, aminokyseliny

Alkoholová fermentace

Alkoholová fermentace je zprostředkována kvasinkami. Jsou to mikroskopické jednobuněčné organismy, řadící se mezi houby. Jedná se o fakultativně anaerobní mikroorganismy, takže přežívají jak v aerobním, tak v anaerobním prostředí. Díky této vlastnosti jsou takřka všudypřítomné – ve slupkách rostlinných produktů, ve střevech živočichů, na souši i ve vodě (Stieglmeier, 2009). Pro svůj růst potřebují pouze dostatečné množství sacharidů.

Některé druhy dokonce preferují anaerobní prostředí před aerobním. Typickým zástupcem z této skupiny je např. *Saccharomyces cerevisiae*. V anaerobním prostředí kvasinky uplatňují tzv. Crabtreeův efekt, založený na následujícím principu. Kvasinky jsou schopné rozkládat sacharidy na glukózu. V momentě, kdy je v prostředí vysoká koncentrace glukózy, dochází k inhibici aerobní aktivity kvasinek, které tak plynule přechází na aktivitu anaerobní (Moo-Young, 2011).

Samotná alkoholová fermentace sestává z mnoha kroků, kde jejím výsledným produktem je etanol a oxid uhličitý. Na počátku se reakce účastní několik druhů kvasinek – např. rod *Candida*, *Hanseniasspora* nebo *Kloeckera*. Ty ale v průběhu reakce z velké části zaniknou a ve většinovém množství tak zůstává již výše zmiňovaný rod *Sacharomyces cerevisiae* (Eram a Ma, 2013.) Proces popsal na počátku 19. století jako první Gay-Lussac souhrnnou rovnicí: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + CO_2$

Alkoholová fermentace je uplatňována např. při výrobě piva, vína, či kvasu při výrobě kvasového pečiva (Lee, 2012).

Mléčné kvašení

Princip mléčného (někdy také nazýváno kyselého) kvašení je založen na schopnosti bakterií snižovat pH prostředí na kyselé hodnoty (3,5 - 4,5). Touto schopností dominují bakterie mléčného kvašení (BMK), např. *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* a bakterie rodu *Bifidobacterium*, které z taxonomického hlediska mezi BMK nepatří, i když v minulosti mezi nimi zařazeny byly. Spojuje je však schopnost produkovat mléčnou kyselinu. Bakterie mléčného kvašení jsou grampozitivní bakterie, jejichž hlavním a často jediným zdrojem energie jsou sacharidy. Optimální podmínkou pro jejich růst je nízké pH, což podporuje ochranu proti patogenním mikroorganismům a zároveň tím tak vytváří vhodné prostředí pro množení kvasinek, se kterými žijí ve vzájemné symbióze (Plocková a Horáčková, 2018). BMK rovněž napomáhají bobtnání škrobových zrn a bílkovin, což ovlivňuje kvalitu těsta i upečeného chleba (Trhoňová a Gottwaldová, 2019).

V závislosti na typu přítomných bakterií lze BMK klasifikovat na základě výsledného metabolitu na tzv. homofermentativní a heterofermentativní. Homofermentativní bakterie (rod *Lactobacillus* a *Lactococcus*) fermentují sacharidy za vzniku mléčné kyseliny, která vytváří vhodné prostředí pro rozvoj žádoucích mikroorganismů. Při kvašení za přítomnosti heterofermentativních bakterií (rod *Leuconostoc*, *Weissella* a *Oenococcus*) vznikají společně s mléčnou kyselinou další metabolity. Nejvýznamnější jsou octová kyselina a/nebo ethanol a společně s nimi acetaldehyd, acetooin, diacetyl, CO₂ a další. Tyto metabolity mají významný vliv na výsledné senzorycké vlastnosti fermentovaných produktů (Wang et al., 2021). Kvašení pomocí homo- i heterofermentativních BMK je shrnuto v následujících dvou rovnicích:

- Homofermentativní kvašení: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_3H_6O_3$
- Heterofermentativní kvašení: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_6O_3 + C_2H_5OH + CO_2$

Mléčné kvašení je v potravinářském průmyslu velmi významné. Nejčastěji se lze setkat s fermentací zeleniny (kimchi, kysané zelí), mléčných výrobků (jogurty) nebo cereálií (výroba kvásku). Všechny tyto výrobky, získané fermentací BMK jsou významným zdrojem probiotik (Mannaa et al., 2021).

Octové kvašení

Fermentační proces je způsobený gramnegativními bakteriemi octového kvašení, nejčastěji rodem *Acetobacter*. Vznik octové kyseliny probíhá, na rozdíl od předchozích druhů fermentací, za přítomnosti kyslíku, tedy aerobně. Bakterie zkvašují ethanol na octovou kyselinu, jejíž vznik může být v některých potravinách záměrný jako např. u octu či kombuchy, ale také může probíhat spontánně i u alkoholických nápojů (pivo, víno, cidry), kde tato přeměna již není žádoucí (Gomes et al., 2018). Octová kyselina je rovněž přítomná v pekařských kvasech, avšak vzniká za účasti heterofermentativních bakterií mléčného kvašení, nikoli rodem *Acetobacter*. Octová fermentace je v případě vedení kvasu nežádoucí (Skřivan, 2021)

Reakce je popsána ve dvou hlavních krocích, kdy na anaerobní alkoholovou fermentaci, ve které vzniká ethanol, plynule navazuje aerobní octové kvašení.

1. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + CO_2$
2. $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$

Alkalická fermentace

Alkalický způsob fermentace probíhá za přítomnosti bakterií rodu *Bacillus* (nejpoužívanější grampozitivní *Bacillus subtilis*) především u potravin bohatých na bílkoviny (sójové boby, luštěniny). Princip fermentace je odlišný od předchozích typů. Zdrojem energie jsou proteiny (nikoli sacharidy). Ty jsou bakteriemi hydrolyzovány na peptidy a aminokyseliny. Zároveň se uvolňuje amoniak a pH celého prostředí se zvyšuje do zásaditých hodnot, což zabraňuje rozvoji nežádoucích mikroorganismů, způsobujících kažení. Fermentace je nejčastěji využívána výrobu fermentovaných sójových bobů – natto, hojně konzumované ve východních zemích (Machala, 2008).

Mimo uvedené typy fermentací, rozsáhle využívaných v potravinářství se lze setkat i s kvašením máselným a propionovým. Oba typy jsou však procesem nežádoucím. Máselná fermentace je způsobena především bakteriemi rodu *Clostridium*, které zkvašují mléčnou kyselinu a způsobují jakostní vady (Fath, 2019). Propionové kvašení, během kterého vzniká propionová kyselina společně s dalšími metabolity (octová kyselina, CO₂, voda) je zapříčiněno bakteriemi propionového kvašení, které zkvašují laktózu. Výsledkem jsou sensorické vady potravin, nejvíce pozorované u zrání tvrdých a polotvrdých sýrů (Levis et al., 1992)

1.2 Střevní mikrobiota a vliv fermentovaných výrobků na trávicí systém

Lidský mikrobiom zahrnuje širokou škálu mikroorganismů, žijící ve vzájemné symbióze s člověkem. Mikroorganismy jsou téměř všudypřítomné, takže je lze nalézt na většině povrchů – jak dermálně, tak na sliznicích (orální, vaginální, urogenitální, aj.) Největší zastoupení mikroorganismů je ovšem v trávicí soustavě, přičemž jejich počet roste s distálním směrem od ústní dutiny až do střev. Složení mikrobioty tlustého střeva každého člověka je jedinečné, a počet přítomných mikroorganismů zde odpovídá 10^{12} . K největšímu osidlování dochází v období od narození do věku dvou až tří let, přičemž už samotný způsob porodu (přirozenou cestou nebo pomocí císařského řezu) ovlivňuje jedince po celý zbytek života (Tlaskalová-Hogenová, 2018).

Složení střevní mikrobioty je ovlivněno různými faktory (prostředí, ve kterém žijeme, životní styl, sportovní aktivity, léky, dieta). Výzkumy dokazují spojitost mezi střevní mikrobiotou, některými onemocněním a určitou prevencí, spočívající např. v konzumaci fermentovaných výrobků (Vejmělka a Kohout, 2021).

Fermentované výrobky obsahují prospěšné bakterie, které mají příznivý vliv na zažívací systém. Mezi ně se řadí zejména bakterie mléčného kvašení a bifidobakterie (zmíněné v předchozí kapitole), které mají v lidské výživě tři základní funkce. První z nich je funkce technologická – tj. přeměna substrátů, čímž dochází ke změně sensorických vlastností (chuti, vůně a konzistence) výsledného produktu. Druhou funkcí je tzv. protektivní funkce. To znamená, že tyto mikroorganismy produkují v našem trávicím traktu určité metabolity, díky kterým dochází k chemickým změnám prostředí. Tím dochází k ochraně před nepříznivými mikroorganismy (např. změnou pH) a výrazně se prodlužuje trvanlivost výrobku. Poslední funkcí je probiotická funkce. Dle definice WHO jsou probiotika „*živé organismy, které při podávání v přiměřeném množství přispívají ke zdraví hostitele*“ (Plocková a Horáčková, 2018). Jejich přítomnost ve střevech mimo jiné zabrání osidlování a růstu nežádoucích bakterií jako je např. *Clostridium difficile* – původce akutních průjmových onemocnění (Kasper, 2015).

1.2.1 Fermentované výrobky pro specifické diety pacientů

Fermentované výrobky nachází svou úlohu tedy i v mnoha odvětvích zdravotnictví – v imunologii, při chronických střevních onemocnění (Crohnova choroba, ulcerózní kolitida) či u syndromu dráždivého tračníku aj. (Kasper, 2015).

Zároveň byla zkoumána tolerance fermentovaných mléčných produktů u pacientů s laktózovou intolerancí. Těmto pacientům chybí ve střevech enzym laktáza, a tak nejsou schopni rozložit laktózu, obsaženou v mléce a mléčných výrobcích, což následně vede k trávicím obtížím (Stránský et al., 2014). Bakterie mléčného kvašení obsahují rovněž enzym β -galaktosidázu. K aktivaci enzymu nedochází ihned po jeho konzumaci. Díky kyselému žaludečnímu pH, prochází bakterie s β -galaktosidázou v nezměněné formě až do tenkého střeva, které má pro její aktivaci optimální kyselost (pH 6-8). Laktóza, která se nestačí průchodem v tenkém střevě rozštěpit je pak v tlustém střevě využita jako prebiotikum (tj. zdroj energie pro zdraví prospěšné střevní mikroorganismy – probiotika). Lze tedy říci, že díky bakteriální laktáze, která se v trávicím traktu uvolňuje a vystupuje skrz buněčnou stěnu bakterie do prostředí střev, dochází k lepší toleranci fermentovaných mléčných výrobků (Ibrahim et al., 2021). Různé studie pak dále porovnávají účinnost jednotlivých mikroorganismů. Např. ve výzkumu autoři (Lin et al., 1998) porovnávají stravitelnost výrobků připravených pomocí dvou bakteriálních, běžně používaných kultur – *Lactobacillus acidophilus* a *Lactobacillus bulgaricus*. Výsledkem byla lepší stravitelnost produktů s kulturou *Lactobacillus bulgaricus*, kdy i přes v podstatě stejnou aktivitu laktázy, byla stěna *L. bulgaricus* příznivější pro její prostup do střevního lumenu a tedy mohlo dojít k lepšímu trávení laktózy u pozorovaných jedinců.

S výsledným lepším trávením (tolerancí) fermentovaných výrobků se můžeme setkat i v poněkud odlišné situaci u syndromu dráždivého tračníku (anglicky IBS: irritable bowel syndrome). Jedná se o idiopatické onemocnění, tedy o onemocnění, jehož příčiny jsou i přes mnoho výzkumů stále neznámé. Patologické příznaky však souvisí s konzumací potravin a tím také s funkcí střev, střevní mikroflórou a imunitou (Kasper, 2015). Jako léčba se uplatňuje tzv. low-FODMAPs dieta (Fermentable Oligo-saccharides, Di-saccharides, Mono-saccharides and Polyols). FODMAPs zahrnují osmoticky aktivní sacharidy, které na sebe ve střevech vážou větší množství vody, čímž mohou způsobovat citlivému jedinci průjemy. Zároveň jsou špatně vstřebávány a po vstupu do tlustého střeva jsou fermentovány zdejší mikrobiotou. Výsledkem je vznik velkého množství plynů (hlavně metanu a vodíku), které způsobují bolesti břicha a nadýmání. Cílem dietního doporučení je omezit potraviny, které obsahují větší množství těchto obtížně fermentovaných sacharidů. Je však třeba myslet na probiotickou suplementaci, aby nedošlo k dysbióze či dokonce patologickému střevnímu mikrobiomu (Reddel, 2019).

Vědci z Monash University tak rozdělili potraviny na rizikové high-FODMAPs a tolerovatelné low-FODMAPs. Mezi sacharidy je řazena i laktóza, jejíž obsah lze fermentací snížit. Fermentované mléčné výrobky jsou tak pro pacienty s IBS lépe tolerované. Stejně tak probíhalo mnoho výzkumů týkajících se ostatních fermentovaných výrobků a byl prokázán jejich pozitivní vliv na stravitelnost. Konkrétně u chronických onemocnění střev je z důvodu snazšího trávení doporučována konzumace pouze bílého pečiva. Chléb není doporučován, kvůli svým nadýmavým účinkům (Zlatohlávek et al., 2019). Naopak Rizzolli et al. (2019) ve svých výzkumech uvádí, že kvasové chleby jsou v porovnání s kynutým pečivem za pomoci kvasnic mnohem lépe stravitelné a nenadýmavé, čímž jsou vhodnější variantou právě pro pacienty s IBS.

1.3 Složení u chlebů a pečiva

Pečivo je nedílnou součástí jídelníčku skoro každého člověka. Posledním průzkum Českého statistického úřadu je soubor z roku 2021, který uvádí, že spotřeba pečiva na osobu a rok je 100 kg. Jedná se však pouze o pšeničné pečivo a chléb. Pro úplnost celého výzkumu by bylo nutné připočítat také varianty bezlepkového pečiva a odhadnout spotřebu domácností, ve kterých si připravují vlastní „domácí pečivo“ (Český statistický úřad, 2022).

Užití názvů *chléb* a *pekařský výrobek* je vázáno legislativou, konkrétně vyhláškou č. 18/2020 Sb. „o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky, cukrářské výrobky a těsta.“ Vymezuje všechny důležité pojmy užívané v pekařství a dalších odvětvích. V mé diplomové práci je vhodné definovat pojem chléb. Dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. se jedná o: „*pekařský výrobek kypřený kvasem, droždím nebo jejich kombinací o hmotnosti nejméně 400 gramů.*“ Konkrétní přívlastek prodáváného chleba se dále odvíjí od použitých ingrediencí.

Základem pro výrobu chleba a pečiva je mouka, voda, kvas nebo kvasnice a sůl. Dle různých receptur se přidávají další suroviny.

1.3.1 Mouka

Dle vyhlášky č. 18/2020 je mouka: „*mlýnský obilný výrobek, získaný mletím obilného zrna, pseudoobilovin nebo rýže a tříděný podle velikosti části, obsahu minerálních látek a druhu použitých obilovin, pseudobilovin nebo rýže.*“

A) Obiloviny

Obiloviny řadíme mezi traviny, nejčastěji do čeledi lipnicovité a se svým mnohočetným využitím nabízí produkci jak do potravinářského, tak do krmného průmyslu. Pro výživu člověka jsou zpracovávána semena, obsahující na prvním místě sacharidy v celkovém množství 55-80 %, bílkoviny 10-11 % a tuky 1-6 %, v závislosti na konkrétní obilovině, jak je uvedeno v tabulce 1.2. Mimo makroenergetické živiny, obsahují obiloviny i řadu vitaminů, jako jsou vitaminy skupiny B či vitamin E. Z minerálních látek a stopových prvků je třeba zmínit přítomnost selenu, hořčíku, zinku či mědi (Čedíková, 2021).

Sacharidy obilného zrna jsou převážně ve formě polysacharidů, a to konkrétně zásobního polysacharidu škrobu v endospermu. Obalové vrstvy jsou tvořeny celulórou a v závislosti na stupni vymletí mouky plní funkci vlákniny. Ostatní jednoduché sacharidy vznikají degradací škrobu a v obilovinách jsou přítomny v minimálním množství. Pšeničná mouka např. obsahuje 100-900 mg/kg glukózy, 200-800 mg/kg fruktózy, 500-1000 mg/kg maltózy, 1000-4000 mg/kg sacharózy a 500-1700 mg/kg rafinózy, přičemž množství záleží na stupni hydrolýzy škrobu (Velíšek, 2009).

Tabulka 1.2. Složení celého zrna lepkových obilovin (Belitz, 1999)

	Škrob (%)	Ostatní sacharidy (%)	Bílkoviny (%)	Tuky (%)
Pšenice	59,2	10,1	11,7	2,2
Žito	52,4	16,6	11,6	1,7
Oves	40,1	22,8	12,6	5,7
Ječmen	52,2	19,6	10,6	2,1

Obsah dusíkatých látek obilovin závisí na mnoha faktorech, jako je druh a odrůda obiloviny nebo stupeň vymletí. Všechny druhy obilovin mají zároveň odlišné aminokyselinové složení, přičemž limitující aminokyselinou je lysin. Kromě bílkovin a jejich aminokyselin jsou v obilovinách zastoupeny také proteidy a dusíkaté látky nebílkovinné povahy (Velíšek, 2009).

Bílkoviny obilovin jsou klasifikovány podle systému Osbornovy teorii do čtyř frakcí, lišící se dle rozdílné rozpustnosti v různě silných rozpouštědlech (Urade et al., 2018). Jedná se o albuminy, rozpustné ve vodě, globuliny, rozpustné v solných roztocích, prolamin, rozpustné v alkoholu a jeho roztocích a gluteliny, rozpustné

v roztoku kyselin nebo zásad. Dále je možné zařadit je do dvou funkčních skupin. Metabolicky aktivní neboli protoplazmatické bílkoviny, do kterých řadíme albuminy a globuliny, které tvoří 20-30 % z celkového počtu zastoupených bílkovin. Druhou skupinou jsou bílkoviny se zásobní funkcí – prolaminy a gluteliny (Dvořák, 2013). Pro tyto nerozpustné bílkoviny se v potravinářství užívají triviální názvy dle konkrétního druhu obilovin (viz tabulka 1.3.).

Lepek (gluten) je pevný gel, tvořený zásobními bílkovinami prolaminové a glutelinové frakce. Bílkoviny lepku tvoří asi 70-80 % z celkového množství proteinů. Nejsou rozpustné ve vodě, a tak lze lepek postupně vyprat pod proudem tekoucí vody (tzv. mokrá lepek). Této možnosti se využívá jako jeden z kontrolních testů kvality po semletí mouky ve mlýně (Dunklerová, 2021). Mezi hlavní vlastnosti lepku patří pružnost, tažnost a bobtnavost těsta. Kvalitu mouku a s tím spojenou sílu lepku ovlivňuje především poměr prolaminů a glutelinů.

Tabulka 1.3. Triviální názvy a procentuálního zastoupení glutenových proteinů (Velíšek, 2009)

	Prolamin		Glutelin	
Pšenice	Gliadin	32,6 %	Glutenin	45,7 %
Žito	Sekalin	20,9 %	Sekalinin	24,5 %
Oves	Hordein	25 %	Hordenin	54,5 %
Ječmen	Avenin	14 %	Avenin	53,9 %

Pro výrobu chleba je nejvíce využívána mouka pšeničná a žitná. Obě mouky mají odlišné vlastnosti, kdy pro pekařství je nejvýznamnější obsah lepku. Ve studii Schalk et al. (2017) bylo stanoveno, že pšeničná mouka obsahuje ve 100 mg 8,92 g lepku (z celkových 11 g bílkovin). To je v porovnání s žitnou moukou, jejíž obsah lepku ve 100 g tvoří pouhých 3,08 g, třikrát více. To se výrazně projeví na kvalitě těsta a vyráběného pekařského výrobku. Zatímco těsto z pšeničné mouky je velmi pružné a elastické a při pečení výrazně nakyne, těsto žitné je již při zpracování méně soudržné a po upečení těžké, hutné a minimálně nakynuté (Trhoňová a Gottwaldová, 2019).

Pro výrobu jak chleba, ale i kvasu je podstatné rozdělení mouk, dle obsahu nespalitelných látek (NL) neboli popela. Pod tímto termínem je zahrnuta vláknina a minerální látky. Jejich obsah je závislý na stupni vymletí, tedy na přítomném množství obalových vrstev obilovin. Z pravidla ale platí, že čím více minerálních látek

mouka obsahuje, tím nižší je množství lepku. V České republice se používá označení pomocí písmena T (typ) + číslo. Číslo vyjadřuje tisícinásobek množství nespalitelných látek v sušině (Trhoňová a Gottwaldová, 2019). Například mouka označená T 1800 obsahuje 1,8 % nespalitelných látek (popela). Rozdělení označených mouk dle obsahu minerálních látek je uvedeno v tabulkách 1.4 a 1.5.

Tabulka 1.4. Označení pro pšeničnou mouku (Trhoňová a Gottwaldová, 2019)

00	Pšeničná mouka hladká světlá
T 400	Pšeničná mouka výběrová polohrubá
T 405	Pšeničná mouka umletá ze zrna, které má odstraněný klíček i obal
T 450	Pšeničná mouka hrubá (krupice)
T 512	Pšeničná mouka pekařská speciál
T 530	Pšeničná mouka hladká světlá – pekařský speciál
T 550	Pšeničná mouka polohrubá světlá
T 650	Pšeničná mouka hladká polosvětlá
T 700	Pšeničná mouka světlá, chlebová
T 1000	Pšeničná mouka hladká tmavá, chlebová
T 1150	Chlebová mouka
T 1800	Pšeničná mouka celozrnná

Tabulka 1.5. Označení pro žitnou mouku (Trhoňová a Gottwaldová, 2019)

T 500	Žitná mouka výražková
T 960	Žitná mouka chlebová
T 1700	Žitná mouka celozrnná

B) Pseudoobiloviny

Mimo obvyklé mouky vyrobené z obilovin (cereálií) lze na trhu zakoupit i tzv. mouky necereální. K výrobě těchto mouk jsou využívány např. pseudocereálie, ořechy nebo luštěniny (Cihlářová, 2022). Pseudoobiloviny jsou v *American Heritage dictionary of English language (2022)* definovány jako rostliny nepatřící mezi traviny (tedy do čeledi lipnicovité), jejichž semena se běžně používají pro výrobu mouky a pekárenských výrobků. Složení jsou pseudocereálie obdobné jako obiloviny, avšak dle botanického řazení se jedná o rostliny dvouděložné. Do této skupiny řadíme pohanku

(*Fagopyrum esculentum*, *Fagopyrum tartaricum*), amarant (*Amaranthus spp.*) a quinou (*Chenopodium quinoa*). Jejich semena mají vysokou nutriční hodnotu. U potravin s vysokou nutriční hodnotou je dokázán pozitivní vliv na lidské zdraví. Konkrétně u pseudoobilovin se jedná o antikarcinogenní účinky tlustého střeva, snižování krevního tlaku či snižování cholesterolu (Prugar, 2008). Na rozdíl od obilovin neobsahují pseudoobiloviny zásobní bílkoviny formou prolaminů, a tak jsou vhodné i pro lidi, postižené celiakií. Zastoupení jednotlivých živin ukazuje tabulka 1.6.

Tabulka 1.6. Zastoupení živin v pseudoobilovinách (Haros, 2017)

	Škrob (%)	Bílkoviny (%)	Tuky (%)
Pohanka	58,5-69,4	10,4-14,2	1,3-3,4
Amarant	55,1-67,3	14,0-16,5	5,6-10,3
Quiona	64,3-70,4	11,0-16,5	4,1-7,5

Na druhou stranu, při přípravě pečárenských výrobků s sebou nepřítomnost lepku přináší technologické problémy. Mimo pružnosti a tažnosti těsta, lepek také zodpovídá za tvorbu viskoelastické trojrozměrné sítě, do které se zachytávají kypřící plyny. Propojením těchto vlastností dochází ke zvětšování objemu těsta. Při absenci lepku nedochází k dostatečnému zachycování uvolňovaného oxidu uhličitého a výsledná struktura pekařského výrobku je tužší a měrný objem nižší (v porovnání s lepkovými výrobky) (Delarca Ruiz, 2023).

1.3.2 Droždí

Droždí neboli „kvasnice“ jsou vylisované vyšlechtěné kvasinky *Sacharomyces cerevisiae Hansen*, které jsou získávány nejčastěji za pomoci řepné melasy. Pro spotřebitele je následně prodáváno dle účelu v několika formách. Čerstvé neboli lisované droždí s obsahem sušiny nejčastěji 26-28 % je dodáváno do obchodních řetězců v „kostičkách“ o hmotnosti 42 g, které je třeba uchovávat v chladničkových teplotách. Druhou formou je droždí instantní, lidově nazýváno sušené, mezi jehož přední vlastnosti patří nenáročná skladování a dlouhá trvanlivost (obsah sušiny je > 90 %). Nejméně známou avšak moderní formou je tekuté krémové droždí, které obsahuje 22 % sušiny a je prodáváno v plastových pytlích s výpustním dávkovacím ventilem. Jedná se o bezpečkové výrobky, které jsou vhodné pro přípravu sladkých i slaných těst (Šedivý et al., 2013).

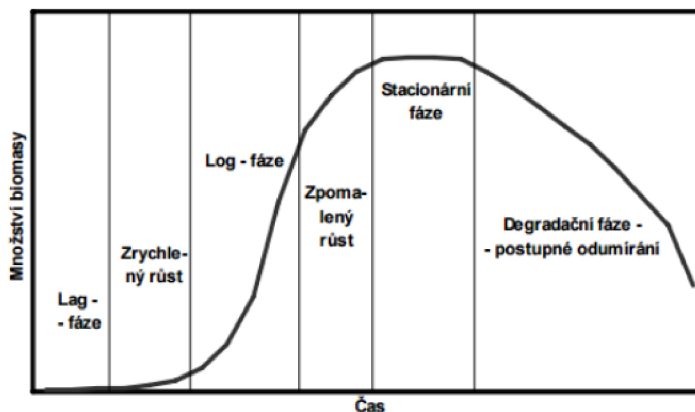
Kvasinky jsou fakultativně anaerobní mikroorganismy, což jim umožňuje přežít v prostředí s přítomností i absencí kyslíku. Během fermentace, která probíhá anaerobně, přeměňují sacharidy na ethanol, oxid uhličitý a vodu. Při výrobě pekařského droždí je však rovněž využíván tzv. Pasteurův efekt, který je založen na aerobní reakci. Při přístupu kyslíku se kvasinky rychle rozmnožují. Z chemické reakce nevzniká ethanol, pouze oxid uhličitý a voda (Kubíková, 2010).

1.3.3 Kvas

Kvas je směs mouky a vody, ve které za definovaných podmínek dochází ke kontrolovanému rozvoji mikroorganismů, mezi které řadíme bakterie mléčného kvašení (BMK) a kvasinky. Nový kvas může vzniknout dvěma postupy, a to buď tzv. spontánním neboli samovolným kvašením po smíchání mouky a vody nebo umělým kvašením, tj. přidáním startovacích kultur. Na každém obilném zrna, které se následně zpracuje na mouku, se přirozeně vyskytují mikroorganismy, které během fermentace rostou, zvyšují svůj počet a zároveň dochází k rozvoji nových kolonií (Rizzello et al., 2019). Ve vyzrálém kvasu se jejich celkový počet udává 10^6 – 10^9 CFU/g v poměru 100:1 ve prospěch bakterií mléčného kvašení, ku kvasinkám (Hernández-Figueroa et al., 2014). Průběh růstu je vyjádřen tzv. růstovou křivkou (viz obrázek 1.1.), kde osa X vyjadřuje počet mikroorganismů v 1 ml a osa Y vyjadřuje čas. Celý proces začíná „lag fází“. Mikroorganismy se v tomto okamžiku nerozmnožují, pouze dochází k aktivaci přítomných enzymů. Následně v další fázi již dochází k růstu mikroorganismů (tedy k růstu jejich množství pomocí dělení) až do třetí „exponenciální fáze“, kdy má dělení nejvyšší rychlost. V dalších fázích již dochází ke zpomalení růstu až do okamžiku, kdy se počet nově vznikajících a umírajících buněk vyrovná (tj. „stacionární fáze“). Poslední fází je tzv. „odumírání“, kdy už prakticky nedochází k tvorbě nových buněk (Šedivý a Albrecht, 2014).

Z následujícího obrázku lze vyvodit, že kvas je metabolicky aktivní. Bakterie mléčného kvašení způsobují acidifikaci směsi a společně s kvasinkami tvoří specifickou chuť a kypřící plyny, způsobující následně kynutí těsta. Výsledné pH těsta odpovídá hodnotám kolem 4 (De Vuyst, 2009).

Obrázek 1.1. Schéma růstové křivky mikroorganismů (Šilhánková, 2002)



1.3.4 Ostatní suroviny

Těsto na základní kvasový chléb je uhněteno pouze z mouky, kvasu, vody, soli a popř. kmínu. Receptury se však ovlivňují různým poměrem zastoupení jednotlivých druhů mouk nebo jsou do nich přidávány další vložky (semena, ořechy, otruby, kořeny atd.) (Šedivý a Albrecht, 2014). Množství soli se liší v závislosti na různých pekařských výrobcích a plní v těstě několik důležitých funkcí. Mimo zvýraznění chuti také zbarvuje kůrku při pečení či pomáhá ztužovat bílkoviny, čímž celkově zpevňuje výsledný tvar výrobku. Ideálním množstvím soli v chlebu by mělo odpovídat dvěma hmotnostním % soli. Vyšší přídavek (nad 3 %) už působí velmi slanou chuť a zároveň výrazně zpomaluje proces kvašení a kynutí. Sůl se nikdy nepřidává do kvasných předstupňů (Lahue et al., 2020).

Chleby kypřené za pomoci kvasnic nejsou přirozeně kyselé. Z toho důvodu by do nich měl být vždy přidáván ocet nebo jiný zakyselující přídavek. Šedivý et al. (2013) dokonce uvádí, že: „*správná kyselost udává dobrou chuť chleba.*“ Ocet zlepšuje sensorické vlastnosti výrobku a zároveň snižuje enzymatickou aktivitu a brání rozvoji nežádoucích mikroorganismů, čímž zvyšuje trvanlivost. Často se přidává i cukr či tuk.

1.4 Technologie výroby chleba

Chléb je pekařský výrobek, který dle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. musí splňovat určité podmínky. Jednou z definovaných je použitá kypřící látka. Je povoleno kypření kvasem, droždím nebo jejich kombinací. Tyto dva pojmy (kvas a droždí) jsou často zaměňovány, ačkoli je každý založen na jiném principu. Zatímco při použití kvasnic

v podobě droždí postačí na kvasný předstupeň pouhých 15 minut (tj. založení kvásku z droždí, cukru a vody), u vyvádění kvasu je celý proces složitější.

1.4.1 Vyvádění kvasu

Kvasy lze rozdělit do dvou samostatných kategorií, jejichž rozdíl spočívá v životnosti přítomných mikroorganismů. První skupinou jsou tzv. vitální kvasy, kdy slovo vitální v přesném překladu znamená živý. Kvas obsahuje živé mikroorganismy, které zajišťují veškeré funkce nadále využitelné při výrobě pečárenských výrobků. Je třeba však dbát na správné podmínky, aby nedošlo k pomnožení zejména nežádoucích patogenních mikroorganismů (Skřivan, 2021).

Šedivý a Albrecht (2014) rozdělují ve své knize vitální kvasy podle produktů, které se v nich během fermentace tvoří:

- a) Kvasy tvořící kyseliny a kvasné plyny, které jsou neomezeně obnovitelné
- b) Kvasy tvořící pouze kyseliny, které jsou neomezeně obnovitelné
- c) Kvasy tvořící kyseliny a kvasné plyny, ale nelze obnovit konečný stupeň

Nejčastěji zakládané kvasy, někdy označované jako klasické, jsou kvasy tvořící jak kyseliny, tak kvasné plyny a lze je využívat opakovaně (Sakandar, 2019). Obsah kvasinek a bakterií mléčného kvašení je díky jeho vedení ve třech stupních v dostatečném množství a v optimálním poměru (viz tabulka 1.7). Základem je tzv. zákvasek, který je odebrán z třetího (vyzrálého) stupně kvasu a uchováván v chladu až do výroby kvasu nového. V literatuře se také můžeme setkat s pojmem nátěstek nebo drobenka, kdy se jedná pouze o zahuštěný zákvasek na určitou výtěžnost (tj. hustotu). Mouka a voda se přidávají v určitém poměru, kdy v prvním stupni dochází k množení kvasinek, v druhém stupni k množení bakterií mléčného kvašení a ve třetím stupni k současnému roznožování kvasinek i bakterií mléčného kvašení. Výsledný kvas je již plně vyzrálý a připravený na výrobu těsta. Menší část (přibližně 1/3) je třeba odebrat, zahustit na požadovanou výtěžnost a uchovat jako zákvasek či nátěstek v lednici, pro další přípravu kvasu (Kučerová, 2016).

Tabulka 1.7. Podíl kvasinek a bakterií ve vitálním kvasu (Görner, 2004)

Stupeň kvasu a těsta	Průměrný počet KTJ . g ⁻¹ . 10 ⁶			
	Kultivační stanovení		Mikroskopické stanovení	
	Celkový počet	Poměr kvasinek a bakterií	kvasinky	bakterie
Základ	6,82	60:40	18,4	1050
I. stupeň	4,26	60:40	17,5	1121
II. stupeň	1,64	40:60	30,4	1694
III. stupeň	10,30	70:30	20,9	800
těsto	5,01	80:20	15,6	697

Druhou skupinou jsou kvasy nevitální, jejichž přítomné mikroorganismy byly v určité fázi růstu inaktivovány, čímž se v kvasu zvýraznily aromatické látky a prodloužila se doba jeho skladování. Abychom docílili inaktivaci mikroorganismů, využívá se tři následujících způsobů (Šedivý a Albrecht, 2014).

- a) Při vystavení mikroorganismů nepříznivým podmínkám dochází k jejich přirozenému úhynu. K této situaci dochází např. v přezrálých kvasech, jejichž titrační kyselost je neslučitelná s životem přítomných mikroorganismů (tj. 500 mmol/kg). Vždy je třeba myslet na riziko kontaminace (Decock, 2005).
- b) Hranice titrační kyselosti 500 mmol/kg lze dosáhnout také umělým zkoncentrováním kvasu přidávkem kyseliny mléčné nebo octové (popř. obou). Při překročení titrační kyselosti nad 700 mmol/kg se kvas stává tzv. zakyselujícím pekařským přípravkem, jehož využití je uplatněno při postupu přímého vedení těsta v kombinaci s pekařským droždím. Tímto přidávkem se zvyšuje jakost výsledného chleba (Šedivý a Albrecht, 2014).
- c) Posledním využívaným způsobem výroby nevitálních kvasů je sušení a to při šetrných teplotách 40-50 °C až na výslednou vlhkost 10 %. Za těchto podmínek nedochází přímo k úhynu mikroorganismů, pouze k pozastavení jejich aktivity. K aktivaci a znovuoobnovení jejich funkce dochází po kontaktu s tekutinou. Tyto startovací kultury jsou dostupné na trhu pod obchodním názvem „sušený kvásek“ (Decock, 2005).

1.4.2 Vedení těsta

Poslední kapitolou, kterou je třeba před samotným pečením chleba zdůraznit, je vedení těsta. Rozlišují se dva způsoby – přímé a nepřímé.

Méně náročným postupem je přímé vedení, kterému se také přezdívá „na zázaz.“ Princip spočívá ve smíchání všech ingrediencí dohromady a po vypracování těsta následuje zrání neboli kynutí. Jako kypřící prostředek je využíváno pekařské droždí v kombinaci se zakyselujícím pekařským přípravkem. Tento postup je volen především při přípravě pšeničných těst a celková doba přípravy je několikanásobně kratší (Kadlec, 2012).

Nepřímé vedení těsta zahrnuje tzv. kvasný předstupeň. Kvasným stupněm rozumíme smíchání surovin, na které po určitý čas působí přítomné mikroorganismy, čímž dochází ke zrání v celém objemu homogenní směsi. Postup se uplatňuje ve výrobě chlebů z žitné a popř. pšeničné mouky, kypřené kvasem. Nepřímé vedení těsta u pšeničných chlebů je také spojeno s postupy „na omládek“ nebo „na poliš“ (Šedivý et al., 2015).

1.5 Vliv kvasu na kvalitativní parametry chleba

O tom, zda má kvas pozitivní vliv na kvalitativní, výživové či zdravotní parametry bylo vedeno mnoho výzkumných prací. Při použití kvasu dochází v mouce k pomalé fermentaci, která je založena na aktivaci endogenních enzymů, syntéze organických kyselin či sekundárních metabolitů. Díky tomu dochází ke zvýšení stravitelnosti bílkovin a rozpustné vlákniny, což snižuje vznik nadýmání a pečivo je tak vhodnější i pro osoby trpící střevními záněty, které by klasické kynuté pečivo, kypřené za pomoci droždí konzumovat neměli (Rizzolli et al., 2019).

Mimo to kvas napomáhá k lepší biologické dostupnosti jednotlivých nutrientů. V pšeničné i žitné mouce se přirozeně vyskytuje kyselina fytová. Její obsah v zrně je až 4 % a v celozrnném pečivu 0,2 %. Jedná se o antinutriční látku, která se váže na některé minerální látky (vápník, zinek, železo) a zabraňuje tím jejich vstřebávání. K její degradaci je třeba enzym fytáza, který se rovněž v malém množství v mouce přirozeně vyskytuje. Zároveň je také produkován kvasinkami během fermentace, kdy kyselé prostředí kvasu aktivitu fytázy zvyšuje. Kvasový chléb je proto nutričně hodnotnější (Hutkins, 2019).

Kvas také příznivě ovlivňuje výsledný glykemický index kvasového pečiva, což je velmi důležité pro pacienty s onemocněním diabetes mellitus. Demirkesen-Bicak et al. (2021) ve svém výzkumu uvádí, že tento výsledný efekt je způsoben kyselinami, které v kvasu během procesu fermentace vznikají, a to především kyselinou octovou, která zpomaluje vyprazdňování obsahu ze žaludku do oblasti střev.

Na výslednou chuť má vliv celý kvas. Teplota, pH a obsah vody ovlivňují aktivitu kvasinek a mléčných bakterií. Následně většinové zastoupení konkrétního typu bakterií mléčného kvašení ovlivňuje jakostní parametry (Hernández-Figueroa et al., 2024).

Během fermentace vznikají především organické kyseliny, ale také aldehydy, ketony, alkoholy, estery a další látky, které charakteristicky ovlivňují výsledné sensorické vlastnosti chleba. Poměr kyselin je ve většině případů 3:1 nebo 4:1 ve prospěch mléčné kyseliny. Každá z kyselin dodává pečivu jinou výraznost kyselosti. Homofementativní bakterie mléčného kvašení přeměňují substrát na kyselinu mléčnou, jejíž kyselost je jemná a svěží. Naopak při kvašení heterofermentativních bakterií vznikají různé produkty, mezi nimiž je i kyselina octová. Ta dodává chlebu ostrou a výraznou kyselost (Pérez-Alvarado et al., 2022). Kvasové chleby jsou v porovnání s chleby kypřenými za pomoci droždí přirozeně kyselejší, čímž jsou zároveň více chráněny před rozvojem nežádoucích mikroorganismů (Hutkins, 2019). Zároveň mléčná kyselina plní ve výsledném produktu další důležité technologické funkce, jako např. zadržování vody ve struktuře střídy, čímž zvyšuje jeho stabilitu a údržnost (Skřivan, 2021).

Textura je ovlivňována především vzájemnou interakcí lepkových bílkovin, škrobu a organických kyselin. Střída kvasových chlebu je vláčná a vlhká s větší retencí CO₂ a kůrka by měla mít pevnější strukturu, což ale závisí na dalších faktorech, jako je doba a teplota pečení. Bakterie mléčného kvašení produkují tzv. exopolysacharidy (EPS), které v těstě fungují jako hydrokoloidy. Ty udržují těsto více hydratované, čím zlepšují kvalitu kynutého těsta a zpomalují stárnutí chleba (Hernández-Figueroa et al., 2024). Exopolysacharidy se rovněž řadí mezi složky rozpustné vlákniny (probiotik). V poslední řadě je nutný zmínit i vznik vitaminů skupiny B a vitamínu K, které přirozeně produkují bakterie mléčného kvašení (Skřivan, 2021).

2 Cíl práce

Cílem práce bylo posoudit vliv použití různých druhů kvasů na kvalitativní parametry chlebů. Jednalo se o chleby pšeničnožitné a žitnopšeničné, s použitím mouky pšeničné (chlebové, celozrnné) a žitné (chlebové a celozrnné). Zároveň byla kontrolní skupina chlebů kypřena pekárenskými kvasnicemi.

3 Materiál a metodika

V diplomové práci byl sledován vliv kvasu na kvalitativní parametry chleba. Pro tento účel byly založeny tři druhy kvasu lišící se dle použité mouky (žitná celozrnná, žitná výražková a pšeničná celozrnná), ze kterých byly následně upečeny chleby, které již měly stejný základ, tj. pšeničnou chlebovou a žitnou chlebovou mouku v poměru 1:1. U vyrobených chlebů byly sledovány vybrané kvalitativní parametry: organoleptické vlastnosti, pH, barva, tvrdost a ztráta vody při pečení. Chleby kypřené droždím sloužily jako kontrolní skupina.

3.1 Vyvádění kvasů

Pro přípravu tří různých kvasů byly použity odpovídající druhy mouky. Jednalo se o žitnou mouku celozrnnou T1700, žitnou mouku výražkovou T650 a pšeničnou mouku celozrnnou T1800. Dále byla potřeba jen odstátá voda bez chloru. Kvasy byly založeny v kádinkách o objemu 250 ml a 100 ml. Postup byl zvolen podle Trhoňové a Gotwaldové (2019). První den byla v kádinkách smíchána mouka s vodou v poměru 2:4 (hmotnostně), kádinky byly překryty pomocí alobalu a uloženy do termostatu, kde byly uchovávány za stejných podmínek při teplotě 24 °C. Následující den, po uplynutí 24 hodin byly kvasy „přikrmeny“, tzn. byla do nich přidána mouka a voda v poměru 1:2 (hm.), přičemž stejný postup následoval i třetí den. Od čtvrtého dne bylo třeba začít regulovat množství již aktivního kvasu. V nové kádince byly smíchány 2 díly kvasu, 2 díly vody a 1 díl mouky. Od 7. dne, kdy kvas reagoval, již velmi rychle probíhalo „krmení“ 2x denně, aby nedocházelo k poklesu aktivity mikroorganismů. Fermentace probíhala po dobu 15 dní. Poslední den byly z kvasů založeny rozkvasy: žitný celozrnný, žitný výražkový a pšeničný celozrnný.

3.2 Příprava kvasového pečiva

Z předem připravených kvasů byly připraveny rozkvasy, které byly použity pro výrobu chlebů. Kvasy byly smíseny s příslušnou moukou a vodou, promíchány a opět vloženy do termostatu na dobu zhruba 12 hodin při 24 °C.

- a. Žitný celozrnný kvas 20 g : žitná mouka celozrnná 180 g : voda 180 g
- b. Žitný výražkový kvas 20 g : žitná mouka výražková 180 g : voda 180 g
- c. Pšeničný celozrnný kvas 20 g : pšeničná mouka celozrnná 180 g : voda 180 g

Pro přípravu těsta byla potřeba pšeničná chlebová a žitná chlebová mouka, sůl, kmín, voda, olej a škrob. Z kuchyňských spotřebičů byla využívána kuchyňská váha, kuchyňský robot a trouba. Dále misky, formy na chleby, ošatky, vařečky, stěrky, vál, utěrky a alobal.

3.3 Receptury

V den pečení, musely být rozkvasy „oživeny“ 1 lžící mouky a vody, protože doba fermentace přesáhla dobu 12 hodin. Po uplynutí této doby dojde mikroorganismům substrát a jejich aktivita se snižuje. Po 90 minutách byly rozkvasy připravené k dalšímu zpracování, takže z nich bylo zaděláno těsto, podle uvedené receptury:

- 300 g rozkvasu
- 300 g mixu mouky (žitná chlebová + pšeničná chlebová v poměru 1:1)
- 150 g vody
- 8 g soli
- 5 g kmínu.

Smísením surovin vzniklo těsto, které bylo hněteno po dobu 10 minut v kuchyňském robotu a následně vloženo zpět do termostatu, kde kynulo při teplotě 24 °C 120 minut. Během kynutí bylo 2x po 40 minutách přeloženo. Po dvou hodinách bylo těsto přendáno na olejem pomazaný vál, kde bylo zpracováno do požadovaného tvaru a vloženo do škrobem vysypané ošatky, kde se nechalo dokynout poslední 2 hodiny také při 24 °C. Mezi tím byla přehřátá trouba na 220 °C. Společně s troubou byly nahřáty i formy na chleby. Po vykynutí byly bochníky opatrně přendány do horkých forem a pečeny zakryté alobalem při počáteční teplotě 220 °C. Po 15 minutách byl alobal odebrán a teplota snížena na 200 °C. Pečení probíhalo celou dobu za pomoci páry s celkovým časem 40 minut.

Jako čtvrtý kontrolní vzorek byl upečen chléb kypřený za pomoci kvasnic (droždí) pomocí nepřímého vedení těsta tzv. na omládek. Receptura byla následující:

- 14 g čerstvého droždí
- 350 ml vody
- 500 g mixu mouk (žitné chlebové a pšeničné chlebové)
- 8 g soli
- 5 g kmínu
- 5 g cukru
- 1,5 lžice octa
- 1,5 lžice oleje

Nejdříve bylo třeba založit „kvásek“ z droždí, cukru, vlažné vody a trochy mouky. Ten se nechal při 24 °C „vzejít,“ což trvalo 15 minut. Ke kvasnému předstupu byly přimíchány zbylé suroviny a těsto bylo hněteno ve stejném kuchyňském robotu celkem 10 minut do hladké a lesklé konzistence. Vyhnětené těsto se nechalo kynout při teplotě 24 °C po dobu 1 hodiny ve škrabce vysypané ošatce. Následovalo pečení, které bylo shodné s ostatními kvasovými chleby.

Všechny chleby byly po vychladnutí zabaleny do utěrek, ve kterých zůstaly až do senzorické analýzy, která probíhala následující den v ranních hodinách.

3.4 Senzorická analýza upečených vzorků

Příprava vzorků

Jednotlivé druhy upečených chlebů byly v ranních hodinách v přípravě senzorické analýzy nakrájeny na plátky a následně byly plátky nakrájeny na čtvrtky. Jednotlivé vzorky byly pro hodnotitele podávány na talíři anonymně označené pod náhodně vygenerovanými čísly 111, 326, 443 a 679.

Hodnotitelé

Panel hodnotitelů tvořili studenti a zaměstnanci Fakulty zemědělské a technologické Jihočeské univerzity. Celkem se hodnocení zúčastnilo 14 osob. Z hlediska pohlaví soubor tvořilo 64 % žen a 36 % mužů. Před zahájením senzorické analýzy byli hodnotitelé instruováni ke správnému vyplnění hodnotících protokolů. Kritériem

zařazení hodnotitele do panelu byla absence onemocnění celiakie či nesnášenlivosti lepku.

Místnost

Hodnocení probíhalo rovněž v prostorách Katedry potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů. Místnost byla dostatečně vyvětrána a osvětlena. Každý hodnotitel měl dostatečný osobní prostor, aby jeho hodnocení bylo co nejméně narušováno okolními vlivy. K dispozici byla také čistá voda pro zneutralizování chutí mezi jednotlivými vzorky.

Hodnotící protokol

Pro samotný záznam hodnocení byl připraven hodnotící protokol, který zahrnoval dvě části. V první bylo cílem hodnocení sensorického profilu vzorků, což zahrnovalo posouzení hédonických i intenzitních organoleptických vlastností vzorků vyznačením jednotlivých deskriptorů na 10cm polostrukturovaných úsečkách. Byl sledován vzhled střídy a kůrky, přijatelnost barvy a celkový vzhled vzorku. Dále intenzita chlebové vůně a přijatelnost vůně, vláčnost a celková textura. Jako poslední byly hodnoceny parametry intenzity nakyslé chuti a její celková přijatelnost. V druhé části hodnocení měli hodnotitelé provést preferenční pořadovou zkoušku, tedy seřadit vzorky od celkového nejlepšího dojmu po nejhorší. Ukázka protokolu je přiložena v přílohách diplomové práce (příloha 3).

3.5 Dotazníkové šetření

Dotazníková část výzkumného šetření byla zkoumána pomocí dotazníku vlastní konstrukce s cílem zmapovat konzumaci kvasového a kynutého pečiva u náhodně vybraných respondentů. Dotazník zahrnoval celkem 19 otázek uzavřeného či otevřeného typu. Sběr dat probíhal elektronickou cestou – za pomoci „Google Forms.“

3.6 Fyzikálněchemické analýzy chlebů a těst

V pondělí 22. 1. 2024 byla totožným způsobem upečena nová várka chlebů v celkovém množství 12 bochníků, tedy 3 bochníky od každého druhu chleba (3 kvasové + 1 kypřený droždím). Mimo pomůcek potřebných k vypracování těsta a následnému upečení chleba byl také využit pH metr, kuchyňská váha, přístroj na měře-

ní objemu, kolorimetr, kráječ a texturometr s počítačem pro zaznamenávání výsledků.

3.6.1 Stanovení ztrát vody při pečení

Po vypracování těsta, před samotným pečením v troubě, bylo těsto zváženo pomocí kuchyňské váhy přímo ve formě, ve které byly chleby následně pečeny. Ihned po upečení byly bochníky opět zváženy, aby se předešlo dalším ztrátám, způsobeným vypařováním (Wagner et al., 2007). Výsledná ztráta vody byla vypočítána odečtem obou hmotností.

3.6.2 Měření kyselosti (pH) těsta a upečených bochníků

Souběžně s vážením (tedy před vložením do předehřáté trouby) byla změřena kyselost vykynutého těsta pomocí vpichového pH metru. Měření probíhalo vpichem na dvou různých místech každého ze vzorků. Kyselost upečených bochníků probíhalo následující den na ukrojených plátcích, rovněž dvěma vpichy sondy pH metru. Po každém měření byla sonda pH metru očištěna destilovanou vodou.

3.6.3 Stanovení objemové hmotnosti bochníku chleba

Po upečení se chleby nechaly vychladnout při pokojové teplotě a následně byl měřen objem každého bochníku pomocí analyzátoru objemu pečiva. Přístroj byl založen na principu přesýpacích hodin s řepkovými semeny uvnitř, kde vložený bochník do přístroje vytlačoval semínka výše na stupnici, což odpovídalo objemu bochníku. Hodnoty objemu (cm³) byly vyděleny hmotností upečených bochníků (g). Tím byly získány výsledky objemové hmotnosti (cm³/g). Po úplném vychladnutí byly chleby zabaleny do mikrotenových sáčků a uloženy do dalšího dne. Takto skladovány byly po dobu pěti dní při pokojové teplotě 20 °C.

3.6.4 Analýza textury

První den po upečení byly chleby krájeny za pomoci kráječe na plátky o tloušťce 1,5 cm. Krajní díly byly odstraněny. Od toho dne bylo ve 24hodinovém intervalu pozorováno stárnutí střídy – respektive analýza tvrdosti střídy po dobu 4 dnů. Pozorování probíhalo vždy na čerstvě nařezaných plátcích, které byly vkládány na texturometr TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velká Británie), kde na ně působila válcová

sonda o průměru 5 cm, která stlačila vzorek do 60 % při rychlosti 2 mm/s. Výsledky jsou vyjádřeny v newtonech (N) jako síla potřebná ke stlačení střídy vzorku.

3.6.5 Analýza barvy

Během prvního dne – společně s prvním měření textury byla stanovena i barva střídy jednotlivých vzorků za pomoci spektrofotometru ColorEye XTH. Výsledky byly vyhodnoceny v soustavě CIE Lab, kde byly získána čísla v rozmezí 0-100 u každé z jednotlivých hodnot. *Hodnota L* vyjadřuje světlost (čím vyšší číslo, tím světlejší barva), *hodnota a* červenozelenou škálu barev a *hodnota b* rozmezí mezi modrou a žlutou barvou.

3.7 Statistické vyhodnocení dat

Výsledky v práci jsou uvedeny jako průměr \pm směrodatná odchylka. Od každé skupiny byly vyrobeny celkem 3 bochníky chleba a každý byl analyzován vždy dvakrát, tzn $n = 6$ (3×2) pro fyzikálněchemické analýzy. V případě senzorní analýzy bylo $n = 14$ (tj. počet osob). Rozdíly mezi jednotlivými vzorky byly určeny vícenásobným porovnáním vzorků za využití Wilcoxonova párového testu. Statistické vyhodnocení výsledků bylo zpracováno v programech MS Excel a STATISTICA 14.

Pro vyhodnocení vlivu druhu kvasu na pH, barvu, objemovou hmotnost, ztráty vody během pečení a deskriptory senzorního profilu byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA). V případě vyhodnocení stárnutí pečiva, respektive tvrdosti střídy byla použita dvoufaktorová ANOVA, kde faktor jedna byl použitý kvas a faktor dva byla doba skladování. Pro zjištění rozdílů mezi vzorky v pořadovém preferenčním testu byla data analyzována pomocí Friedmanovy neparametrické analýzy rozptylu. Rozdíly mezi konkrétními vzorky v pořadové zkoušce byly určeny vícenásobným porovnáním vzorků za využití Wilcoxonova párového testu. Veškeré testování probíhalo na hladině významnosti $\alpha = 5 \%$.

4 Výsledková část a diskuze

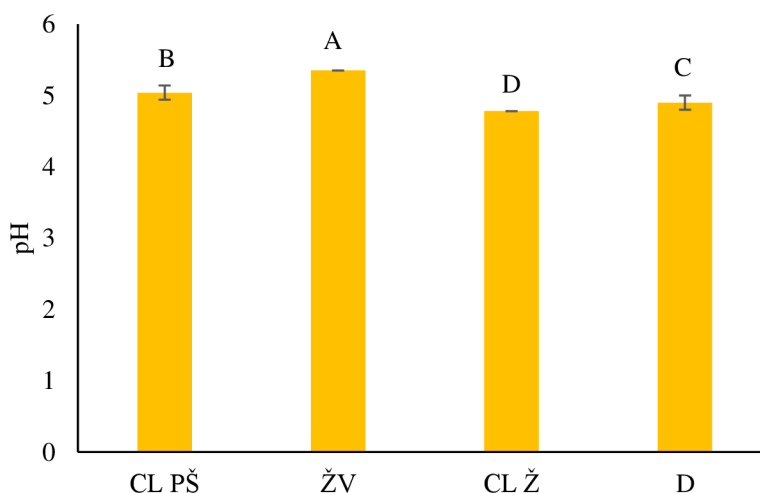
Kapitola s výsledky je členěna do 3 podkapitol, týkající se laboratorního výzkumu (fyzikálněchemické parametry), senzoričké analýzy a dotazníkového šetření

4.1 Fyzikálněchemické parametry

4.1.1 Kyselost těsta (pH)

Kyselost byla měřena pH-metrem po vykynutí, těsně před vložením do předehřáté trouby. Všechny měřené vzorky se od sebe statisticky významně lišily ($p < 0,05$). Znamená to, že použití různých kvasů mělo vliv na kyselost vykynutého těsta (graf 4.1.). Nejnižší hodnoty pH byly naměřeny u těsta s celozrnným žitným kvasem ($4,8 \pm 0,0$) Následně u chleba kypřeným droždím ($4,9 \pm 0,1$) a celozrnným pšeničným kvasem ($5,0 \pm 0,1$). Nejméně kyselé bylo těsto s žitným výražkovým kvasem ($5,35 \pm 0,00$). Zároveň je třeba myslet na recepturu chlebů kypřených kvasnicemi, ve které bylo přidáno malé množství octa.

Graf 4.1. Vliv použitého kvasu/kvasnic na kyselost vykynutého těsta



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 6$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice)

Vyšší kyselost těsta byla naměřena u chlebů za použití celozrnných kvasů (viz graf 4.1.). Takové výsledky uvádí ve své studii i Nordlund et al. (2016). Rozdíl kyselosti jednotlivých kvasů je ovlivněn složením mouky, přičemž žitné mouky obsahují více obalových vrstev. Z toho plyne, že spolu s obalovými vrstvami je v mouce ob-

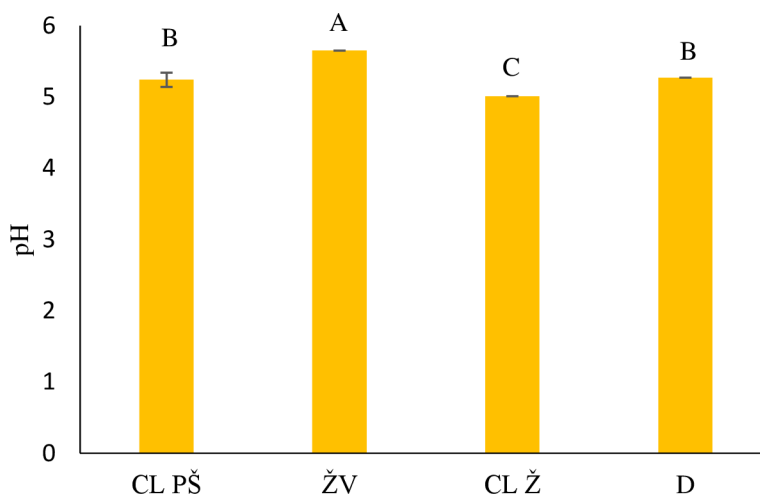
saženo více přirozených mikroorganismů, které se také podílejí na fermentaci (Skřivan, 2021).

Naopak u vzorku kypřeného kvasnicemi je kyselost dána přidavkem potravinářského octa. Pekařské kvasnice jsou speciálně vyšlechtěné ke kypření těsta, avšak bez přítomnosti BMK výrobek nijak neokyselují. Ve velkovýrobě se tak užívá různých zakyselovacích přísad – např. nevitálních kvasů či sypkými přípravky octové a citronové kyseliny (Skřivan a Sluková, 2019).

4.1.2 Kyselost upečených bochníků (pH)

Výsledné hodnoty pH upečených bochníků jsou znázorněny v grafu 4.2., kde nejvyšší hodnoty byly opět, stejně jako při měření těsta, naměřeny u chleba s kvasem z celozrnné žitné mouky (tj. $5,0 \pm 0,1$). Tato nejvyšší hodnota se statisticky významně liší od ostatních vzorků ($p < 0,05$). Stejně tak je odlišná hodnota chleba, jehož kvas byl vytvořen z žitné výrazkové mouky ($5,7 \pm 0,0$). Hodnoty chlebů, kypřených za pomoci kvasnic a kvasu z celozrnné pšeničné mouky nejsou od sebe statisticky významné.

Graf 4.2. Vliv kvasu/kvasnic na kyselost upečených bochníků



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 6$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výrazkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice)

4.1.3 Ztráty vody při pečení

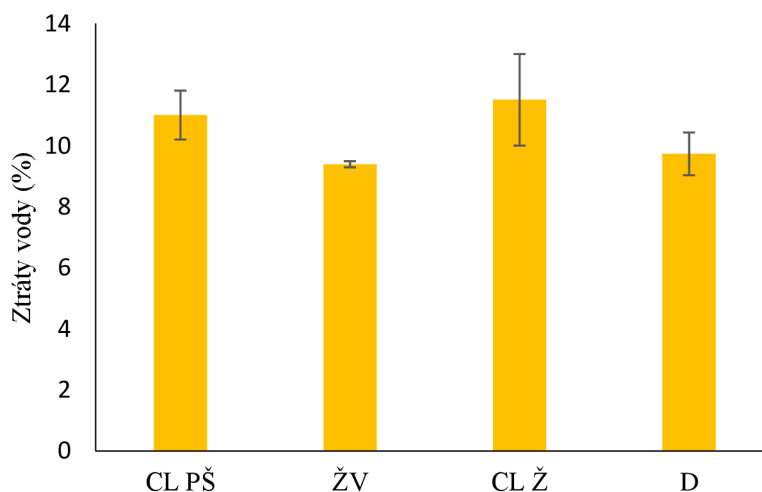
Během pečení se společně s vodou odpařují i některé aromatické a chuťové látky. Obsah alkoholů, esterů a diacetylu se při pečení v kvasovém těstě snižuje. Naopak

však dochází ke zvýšení 3-methylbutanalů, který výrazně přispívá ke zvýraznění typické chlebové chuti (Hansen a Schieberle, 2005). Pospiech a Pažout (2012) uvádí, že ztráty vody během pečení závisí na mnoha faktorech, mezi něž patří např. teplota a délka pečení, hydratace těsta, druh použité mouky (žitná mouka váže vodu více než pšeničná) či výsledný tvar a velikost pečiva. Ztráty se tak pohybují v průměru okolo 15 %.

Všechny bochníky v této práci byly pečeny za stejných podmínek a při pozorování se tento parametr ukázal jako statisticky nevýznamný ($p > 0,05$). Průměrné hmotnosti bochníků byly před upečením 779 g a ihned po upečení 699 g. Ztráty vody činily 10,4 %. Podrobněji je znázorněno v grafu 4.3.

Zjištěná ztráta vody se podobá výsledkům výzkumu Jury et al., (2015), kde naměřené ztráty vody odpovídaly 9 %. Kotoki a Deka (2010) zase porovnávají ztrátu vody u klasického pšenično-žitného chlebu (11,8 %) a chlebu s přidavkem bramborové mouky (4,7-7,9 %). Dvořáková et al., (2012) se věnovali výzkumu chlebů s užitím různých poměrů žitné a pohankové mouky a rozdíly ztráty vody nebyly u zkoumaných vzorků statisticky významné. Z těchto výsledků by mohlo vyplývat, že použitá mouka má vliv na vaznost vody a tím i na její ztráty při pečení.

Graf 4.3. Vliv kvasu/kvasnic na ztrátu vody během pečení



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 6$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice)

4.1.4 Objemová hmotnost pečiva

Objem chleba je dán schopností těsta zadržovat plyny v průběhu pečení, čemuž dopomáhá převážně elasticita lepkové sítě (Goesaert et al., 2005). Pórová struktura a velký objem bochníku však závisí i na velkém počtu dalších faktorů. Vědci se však stále nemohou shodnout na tom, zda přídavek kvasu do těsta napomáhá kypřosti a velkému objemu pekařských výrobků či nikoli. Některé zdroje uvádí, že právě kvasové chleby jsou velmi nakynuté s výrazně pórovitou strukturou (Schober et al., 2003), avšak mnoho studií (např. Arendt et al., 2007) uvádí, že přídavek kvasu snižuje pH těsta, čímž dochází k oslabení elasticity lepkové sítě, což následně může vést naopak k menší retenci plynů. Liu et al., (2012) např. uvádí, že je pekařské droždí jako kypřidlo až desetkrát účinnější.

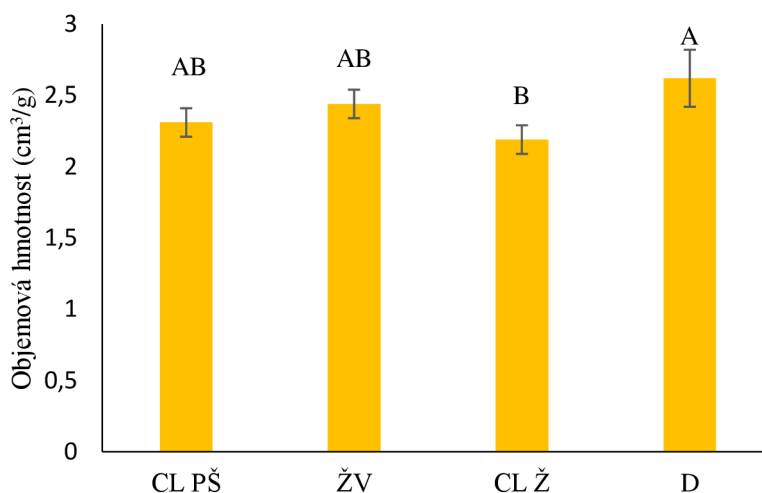
Graf 4.4. znázorňuje rozdílnou objemovou hmotnost zkoumaných vzorků ($p < 0,05$). Nejvyšší objemová hmotnost byla naměřena u bochníků kypřenými pekařským droždím ($2,7 \pm 0,2 \text{ cm}^3/\text{g}$). Verdonck et al., (2023) specializoval svou práci na specifický objem u chlebů kypřených kvasem, kvasem s přídavkem kvasnic a kvasnicemi. Objemová hmotnost u chleba kypřeného samostatným kvasem se pohybovala v mezi hodnotami 1,3 až do $2,2 \text{ cm}^3/\text{g}$. Vyšší hodnoty však naměřili u chlebů, které byly kypřeny kvasnicemi, popř. kombinací kvasu a kvasnic ($1,8\text{--}3,4 \text{ cm}^3/\text{g}$).

Dále také výzkum Katiny et al., (2006) potvrzuje, že se stoupajícím popelem mouky klesá objem upečených bochníků. To odpovídá nejnižší naměřené hodnotě zkoumaných vzorků v této diplomové práci – tedy chlebovému bochníku s žitným celozrnným kvasem ($2,2 \pm 0,1$).

Objemovou hmotnost ovlivňuje mnoho faktorů, mezi něž lze zařadit především na recepturu a výrobním postupu. Ty souvisí mimo jiné s množstvím přidané startovací kultury, s hydratací těsta, s procesem hnětení či časem a teplotě kynutí (Verdonck et al., 2023).

Studie Sandvick et al. (2016), vyzdvihují výsledky zlepšení textury a objemu bochníků žitného chleba přidáním pšeničného lepku.

Graf 4.4. Vliv použitého kvasu/kvasnic na objemovou hmotnost upečených bochníků

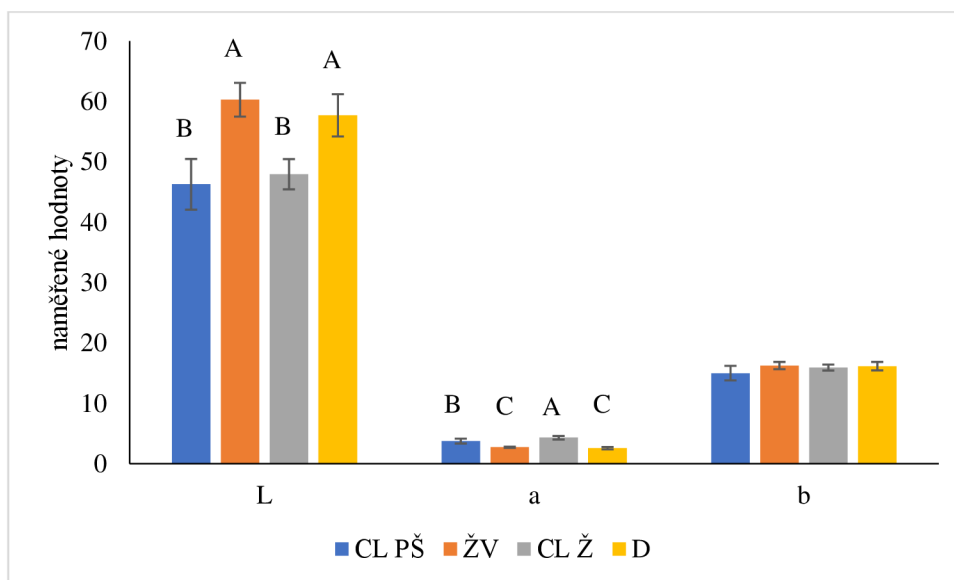


Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 6$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice)

4.1.5 Barva

Výsledky barvy střídy, které byly získány pomocí spektrofotometru, vyjadřuje graf 4.5.

Graf 4.5. Vliv kvasu/kvasnic na výslednou barvu chleba



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 6$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice), L světlost, a odstíny červené až zelené, b odstíny modré až žluté

Při hladině významnosti $\alpha = 5 \%$ byly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách světlosti (tj. hodnota L), kde chleby kypřené kvasy z celozrnné pšeničné

mouky a celozrnné žitné mouky byly vyhodnoceny jako tmavší oproti chlebům kypřených kvasem z žitné výražkové mouky či kvasnicemi. Hodnota a (tj. červenozelené škála barev) byla také vyhodnocena jako statisticky významná ($p < 0,05$), pouze mezi vzorky chlebů s žitným výražkovým kvasem a s kvasnicemi nebyl pozorován statisticky významný rozdíl. Použitý kvas rovněž neměl vliv na statistickou významnost ($p > 0,05$) hodnoty b (škála modré až žluté barvy).

4.1.6 Analýza stárnutí pečiva

Stárnutí je jedna z několika vlastností řadící se do skupiny textury. U pečiva lze hodnotit např. pružnost, soudržnost, přilnavost, žvýkatelnost, vlhkost, křupavost aj. Všechny tyto vlastnosti se navzájem ovlivňují. Tvrdost je definována různými způsoby, např. jako „*síla potřebná pro dosažení dané deformace*“ (Johánek, 2011).

Tabulka 4.1. ukazuje statisticky významné rozdíly mezi různými druhy chleba i v době skladování ($p < 0,05$). Tvrdost se měnila s každým měřením. U všech chlebů byly druhý den měření zjištěny nižší hodnoty než předchozí den. Katz a Labuza (1981) popisují, že se stárnutím chleba se zvyšuje jeho vlhkost. Příčinou je sorpce vody z atmosféry, což následně vede k měknutí (gumovatění) původně suché a křupavé kůrky. V tomto pekařském pokusu nebyla zjišťována aktivita vody, avšak při senzorickém posouzení lze s jistotou potvrdit, změny kůrky v průběhu času. Pokud je chléb vystaven vzduchu, dochází k jeho vysychání a následným ztrátám pružnosti spojenou s nižší soudržností a tvrdnutím. (Carocho et al., 2020).

Kurková (2020) ve své diplomové práci zkoumala přídavek vody do těsta. Bylo prokázáno, že obsah vody v těstě má následný vliv na tvrdost produktu. Z její studie vyplývá, že čím nižší je obsah vody, tím vyšší je naměřená tvrdost pečiva. Při přípravě těst v této práci byla použita stejná receptura, pro všechny druhy chlebů. Je však třeba upozornit na fakt, že každá mouka má jinou savost – typicky celozrnné mouky větší v porovnání s nízkovymletými (Trhoňová a Gotwaldová, 2019). Nižší hydratace těsta tak mohla ovlivnit výslednou tvrdost zkoumaných vzorků.

Nejměkčí chléb byl kypřený pomocí kvasnic (86 ± 8 N) a jeho hodnoty se po celou dobu měření na texturometru během 4 dní nezměnily, avšak opět by se dalo senzoricky potvrdit, že s přibývajícím časem se zvyšovala „suchost“ a drobitost chleba. Od kvasnicového chleba se statisticky lišily všechny tři upečené kvasové vzorky, které s přibývajícím časem tvrdly, avšak zůstávaly stále vláčné (v porovnání

s kvasnicovým druhem). Nejnižší tvrdost ze tří druhů kvasových chlebů měl druh s kvasem z žitné výražkové mouky (196 ± 35 N), dále z pšeničné celozrnné mouky (205 ± 8 N) a nejtvrdším vzorkem byl chléb s kvasem z žitné celozrnné mouky (236 ± 33 N).

S podobným výsledkem se setkáváme i ve výzkumu Carcho et al. (2020), při jejichž měření byl rovněž chléb s nejvyšším obsahem žitné mouky vyhodnocen, jako nejtvrdší. Ovlivnění tvrdosti přísadkou kvasu zkoumali (Therdthai a Jitrakbumrung, 2014), kdy do receptury přidávali různé množství kvasu. Přídavek kvasu přispívá k vyšší vlhkosti upečeného pečiva. S přibývajícím množstvím kvasu klesala měřená tvrdost. Tak postupovali do určité hodnoty (30 g kvasu na 100 g těsta), při které už došlo k moc velkému nárůstu kvasnic v těstě a chléb byl při měření vyhodnocen jako více tvrdý.

Tabulka 4.1. Vliv kvasu/kvasnic na stárnutí chleba, resp. na jeho tvrdost (N)

Vzorek	Doba skladování (dny)			
	1	2	3	4
CL PŠ	205 ± 8^{bcA}	198 ± 12^{cA}	266 ± 15^{bA}	382 ± 34^{aA}
ŽV	196 ± 35^{bcA}	157 ± 26^{cA}	231 ± 41^{bA}	342 ± 46^{aA}
CL Ž	236 ± 33^{cA}	208 ± 27^{cA}	309 ± 23^{bA}	406 ± 48^{aA}
D	86 ± 8^B	72 ± 10^B	87 ± 12^B	113 ± 11^B

^{a-c}: hodnoty označené různými malými písmenky se statisticky významně liší (tj. vliv doby skladování); ^{A-B}: hodnoty označené různými velkými písmenky se statisticky významně liší (tj. vliv použitého kvásku/droždí); $n = 6$, zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice), $\alpha = 0,05$

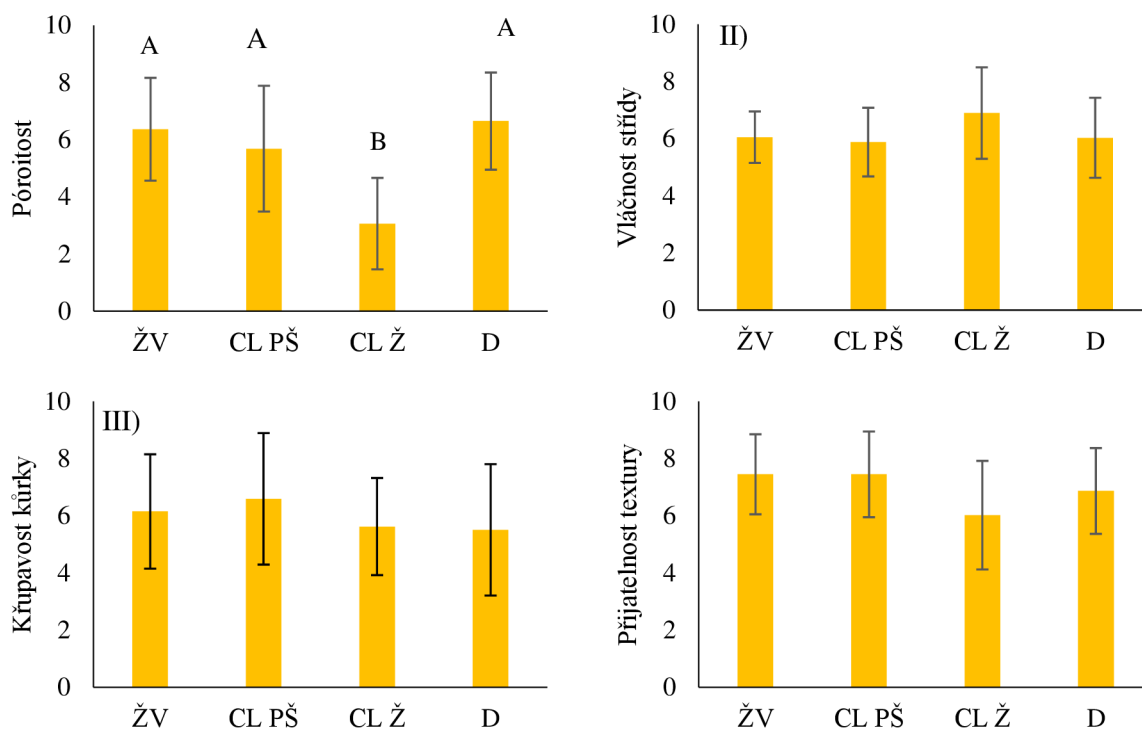
4.2 Senzorické hodnocení

4.2.1 Senzorický profil

Vyhodnocení parametru textura

Textura je souborem vlastností, které se navzájem ovlivňují (Bourne, 2002). Graf 4.6. znázorňuje vliv použitého kvasu a kvasnic na vybrané texturní parametry, přičemž pouze pórovitost byla vyhodnocena jako statisticky významná ($p < 0,05$). Vzorek s užitím celozrnného žitného kvasu byl respondenty označen za „nejméně pórovitý“ ($3,1 \pm 1,6$) v porovnání s ostatními hodnocenými chleby.

Graf 4.6. Vliv použitého kvasu/kvasnic na pórovitost (I) vláčnost střídy (II), křupavost kůrky (III) a celkovou přijatelnost textury (IV)



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 14$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice), (I) 0 = hutný, 10 = pórovitý, (II) 0 = suchý, 10 = vláčný, (III) 0 = gumový, 10 = křupavý, (IV) 0 = nejméně přijatelný, 10 = nejvíce přijatelný

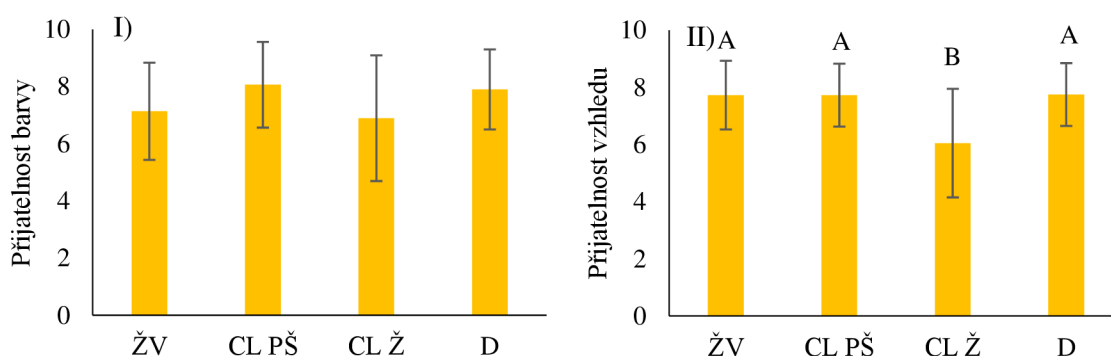
Hodnotitelé dále měli vyznačit, zda má chléb spíše suchý nebo vláčný charakter. V den hodnocení hodnotitelé nezaznamenali významné rozdíly mezi vzorky, i přes to, že literatura uvádí, že pekařské výrobky z kvasu jsou vláčnější než výrobky kvasnicového původu (Therdthai a Jitrakbumrung, 2014). Z později prováděné laboratorní analýzy, ve které bylo s chleby pracováno po dobu 4 dní lze poznamenat, že drobivost vzorku, vyrobeného z kvasnic stoupala s přibývajícím časem, zatímco kvasové vzorky zůstávaly vláčné.

Vliv na křupavost kůrky nebyl významný ($p > 0,05$), avšak příčinu lze připsat stárnutí chleba a skladovacím podmínkám, neboť sensorická analýza probíhala následující den v ranních hodinách. Všechny chleby tak musely být zabaleny do utěrky a uchovány v igelitovém sáčku. To způsobilo měkkou kůrku gumového charakteru bez významného rozdílu u všech vzorků.

Vyhodnocení parametru vzhled

Při senzorické analýze respondenti hodnotili 2 parametry týkající se vzhledu chlebů – příjemnost barvy a následně celková přijatelnost vzhledu. Ukázalo se, že použitý kvas nemá vliv na výslednou barvu pekařského výrobku ($p > 0,05$). Nejpříjemnější barvou působil na hodnotitele chléb s kvasem pšeničným celozrnným ($8,1 \pm 1,5$), dále pak chléb kypřený droždím ($7,9 \pm 1,4$), žitným výražkovým kvasem ($7,1 \pm 1,7$) a nakonec chléb s žitným celozrnným kvasem ($6,9 \pm 2,2$). Celkový vzhled byl však hodnotiteli vyhodnocen jako statisticky významný. Lze předpokládat, že pórovitost chlebů (graf 4.6.) ovlivnila hodnocení celkového vzhledu (graf 4.7.), protože nejhůře hodnoceným vzorkem byl chléb s žitným celozrnným kvasem ($6,1 \pm 1,9$), který dosáhl odlišného – nejnižšího skóre i v parametru pórovitosti střídy.

Graf 4.7. Vliv kvasu/kvasnic na přijatelnost barvy (I) a celkovou přijatelnost vzhledu (II)



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 14$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice), 0 = nejméně přijatelný, 10 = nejvíce přijatelný.

Vyhodnocení parametru vůně

Nebyl prokázán statisticky významný vztah mezi použitým kvasem a příjemností vůně či intenzitou chlebové vůně ($p > 0,05$). Výsledky znázorňuje graf 4.8, kdy nejméně příjemná chlebová vůně byla vyhodnocena u kvasů z celozrnných mouk – kvas z žitné celozrnné mouky ($6,8 \pm 2,3$) a z pšeničné celozrnné mouky ($6,4 \pm 1,8$). Nižší byla zaznamenána u chlebů z kvasu z žitné výražkové mouky ($5,7 \pm 1,9$) a kvasnic ($5,6 \pm 2,3$).

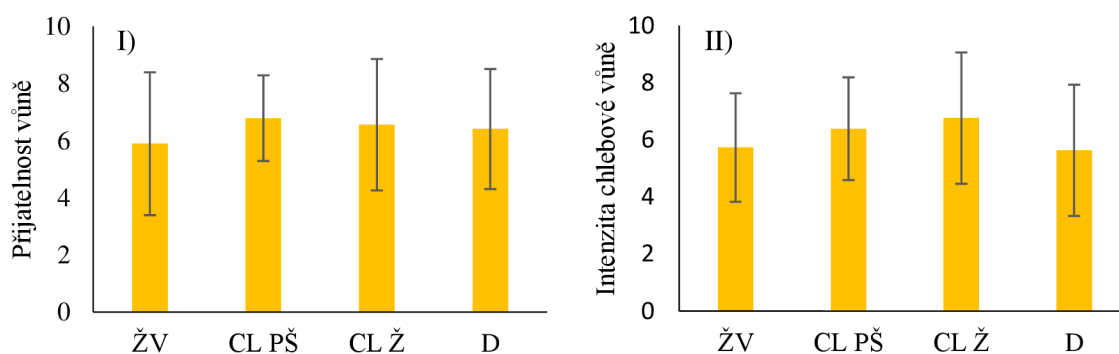
Hodnotitelé označili nejpříjemnější vůni u chleba kypřeného celozrnným pšeničným kvasem ($6,8 \pm 1,5$) a naopak jako nejméně přijatelný chléb z žitného kvasu z výrazkové mouky ($5,9 \pm 2,5$).

Amann et al. (2022) uvádějí, že pro jedinečnou chuť kvasového chleba je třeba 10 chuťových a 11 vonných sloučenin, které se rozvíjí během procesu výroby kvasu. Deset chuťových látek zahrnuje sodík, draslík, amonium, chlorid, hořčík, vápník, d-fruktózu, l-glutamovou kyselinu, octovou kyselinu a mléčnou kyselinu. Dále pak mezi aromatické sloučeniny opět spadá octová a mléčná kyselina, vanilin, 3-methylmásečná kyselina, hexanal, 2,3-butandion, fenylacetaldehyd, 3-methylbutanal, methional, (*E,E*)-dekadienal a (*E*)-2-nonenal.

Také typ mouky může přispívat ke konečnému aroma výrobku. Významně je tento vliv vidět u žitné mouky, jejíž aromatizující těžké sloučeniny jsou odolné vůči procesu pečení, čímž významně ovlivňují vůni i chuť. Pokud je tedy z žitné mouky vyveden kvas, bude přítomna bramborová vůně, způsobena metional, houbová vůně, způsobena amylynylketonem (1-okten-3-on) a lojová vůně po (*E*)-2-nonenal (Hansen a Schieberle, 2005).

Pšeničné kvasy jsou v porovnání s žitnými méně aromatické – obsahují méně aromatických látek (Hansen a Hansen, 1994). V pšeničné mouce je nejvíce zastoupen vanilin, furanon vonící po ovoci, 4,5-epoxy-2-decanal s praženým aroma a stejně jako u žita (*E*)-2-nonenal s vůní loje (Hansen a Schieberle, 2005).

Graf 4.8. Vliv použitého kvasu/kvasnic na přijatelnost vůně (I) a intenzitu chlebové vůně (II)



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 14$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výrazkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice), 0 = nejméně přijatelný/intenzivní, 10 = nejvíce přijatelný/intenzivní

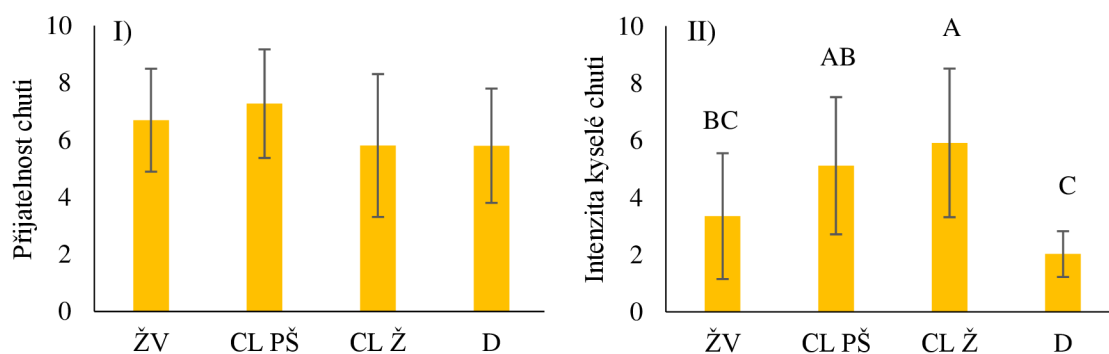
Vyhodnocení parametru chuť

Amann et al. (2022) uvádějí, že z pěti námi vnímaných chutí je chléb nejvíce ovlivněn chutí slanou a kyselou. Hansen a Schieberle (2005) zkoumali vliv použitých bakterií mléčného kvašení na vůni a chuť upečeného chleba. Bylo dokázáno, že heterofermentativní BMK způsobují příjemně nakyslou vůni a chuť, zatímco homofermentativní bakterie způsobují chuť kovového charakteru.

Graf č. 4.9. prezentuje, jak ovlivňuje vybraný kvas kyselost (intenzitu) výsledného chleba ($p < 0,05$). Z grafů lze vyvodit, že jako nejvíce kyselý chléb, byl hodnocen chléb z celozrnného žitného kvasu ($5,9 \pm 2,6$), následně chléb z celozrnného pšeničného kvasu ($5,1 \pm 2,4$) a chléb z kvasu žitného výražkového ($3,4 \pm 2,2$). Nejméně kyselým výrobkem byl vyhodnocen chléb kypřený kvasnicemi ($2,0 \pm 0,8$).

V úzce souvisejícím hodnocení však nebyl prokázán statisticky významný vztah mezi typem použitého kvasu či kvasnic na celkovou přijatelnost výsledné chuti, $p > 0,05$ (viz graf 4.9.). Výsledný rozdíl v kyselé chuti jednotlivých druhů chleba tak neovlivňuje jeho celkovou přijatelnost. Velkou roli může hrát složení skupiny hodnotitelů, kteří kyselosti nepřikládají velký význam (jinými slovy lze říct, že jim chutnalo vše, bez ohledu na kyselost). Pokud by tedy byla skupina složena např. z dětí, dopadlo by hodnocení pravděpodobně jinak.

Graf 4.9. Vliv použitého kvasu či droždí na přijatelnost chuti (I) a intenzitu kyselé chuti (II)



Hodnoty jsou zobrazeny jako průměr \pm směrodatná odchylka; $n = 14$; zkratky kvasů:

CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice), (I) 0 = nejméně přijatelná, 10 = nejvíce přijatelná, (II) 0 = nejméně intenzivní, 10 = nejvíce intenzivní

4.2.2 Preferenční (pořadová) zkouška

V následujícím grafu 4.10. jsou zobrazeny výsledky preferenční (pořadové) zkoušky. Hodnotitelé přiřadili každému vzorku pořadí, dle celkové preference výrobku (od nejlépe hodnoceného číslem 1 po nejhůře hodnocené číslem 4), což názorněji zobrazuje tabulka 4.2.

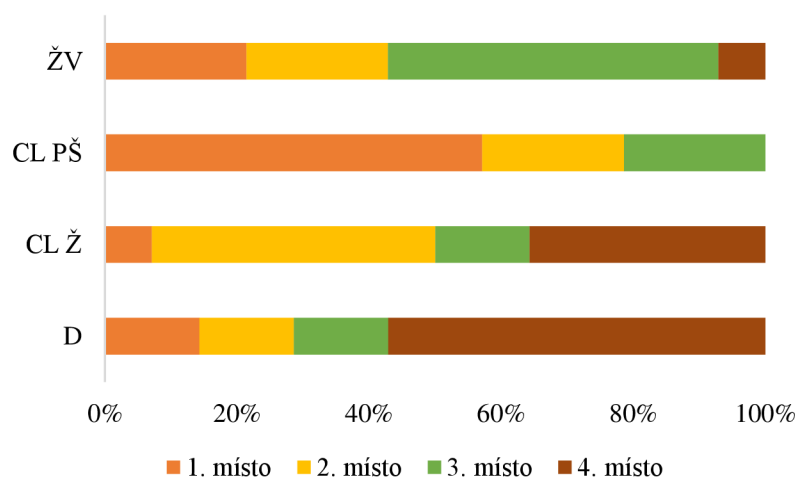
Tabulka 4.2. Průměrné pořadí hodnocených vzorků

	\bar{x}	$s(x)$
ŽV	2,43 ^{ab}	0,9
CL PŠ	1,64 ^b	0,8
CL Ž	2,79 ^a	1,1
D	3,14 ^a	1,2

^{a-c}: hodnoty označené různými malými písmenky se statisticky významně liší (tj. vliv doby kvasu na celkové pořadí vzorku); $n = 14$, zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice); \bar{x} průměr, $s(x)$ směrodatná odchylka; $\alpha = 0,05$; 1 = nejlepší, 4 = nejhorší

Z výsledků je patrné, že jako nejlepší vzorek byl jednoznačně vyhodnocen chléb s kvasem z celozrnné pšeničné mouky, který na první nebo druhé místo zařadilo 78 % hodnotitelů (57 % hodnotitelů první místo). Na druhé straně nejhůře hodnocen byl chléb kypřený za pomoci kvasnic, který byl 71 % hodnotitelů zařazen na spodní příčky, tedy na třetí a čtvrté místo (57 % hodnotitelů jej zařadilo na místo poslední).

Graf 4.10. Pořadová zkouška vzorků, dle četnosti jednotlivých preferencí hodnotitelů



Hodnoty jsou zobrazeny v procentech; $n = 14$; zkratky kvasů: CL PŠ celozrnný pšeničný, ŽV žitný výražkový, CL Ž celozrnný žitný, D droždí (kvasnice)

4.3 Vyhodnocení dotazníkového šetření

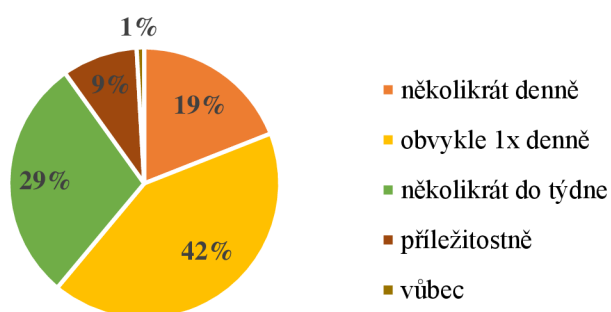
Poslední částí praktické části byl doplňující dotazník vlastní konstrukce s cílem zmapovat vědomosti respondentů, týkající konzumace a preference pečiva, kvasu a komerčně vyráběného droždí (kvasnic). Dotazník vyplnilo 115 respondentů s věkovým průměrem 30 let. Výsledky jsou zpracovány pomocí grafů a tabulek, obsahující relativní četnosti.

Tabulka 4.3. Četnosti respondentů (%) v závislosti na daných faktorech

Kategorie	Skupina	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
Pohlaví	Žena	79	69
	Muži	36	31
Status	Pracující	63	55
	Student	47	41
	Důchodce	3	3
	Nepracující	2	2
Onemocnění	Celiakie	2	2
	Diabetes mellitus	0	0
	Střevní záněty	3	3
	Žlučník, slinivka	2	2
	Žádné	108	93

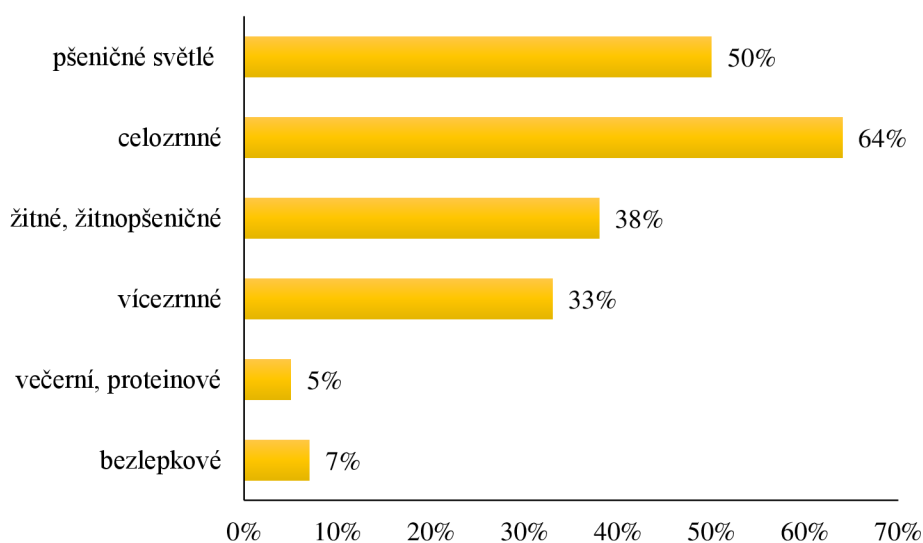
Jedna z dotazovaných otázek měla specifikovat zastoupení respondentů s onemocněním, které ovlivňuje jejich stravování (tabulka 4.3.). Při celiakii je třeba konzumovat bezlepkové pečivo, pacienti s diabetem mellitus by měli více zařazovat pečivo celozrnné, popř. kvasové. Naopak lidé trpící střevními záněty, onemocněním žlučníku či slinivky (v akutních fázích) by se měli celozrnnému a kynutému pečivu vyvarovat a konzumovat tzv. „světlé nebo bílé“ druhy pečiva. Z dotazníkového šetření vyplývá, že 93 % respondentů žádným z těchto onemocnění netrpí, tedy mohou konzumovat všechny druhy pečiva bez omezení.

Graf 4.11. Četnost konzumace pečiva, n = 115



Z grafu 4.11. je patrná četnost konzumace pečiva dotazovaných. 42 % respondentů konzumuje pečivo obvykle 1x denně, 29 % respondentů několikrát do týdne a 19 % několikrát denně. Dále 9 % respondentů uvedlo, že pečivo konzumuje pouze příležitostně. Z dat vyplývá, že každý den konzumuje pečivo 61 % dotázaných (42 + 19 %). Poměrně odlišného zjištění dosáhl dotazníkovým šetřením Laatikainen et al., (2017). Z tohoto výzkumu vyplynulo, že 82 % respondentů konzumuje pečivo každý den.

Graf 4.12. Preference typu pečiva, podle použité mouky, n = 226*



* bylo možné vybrat více odpovědí

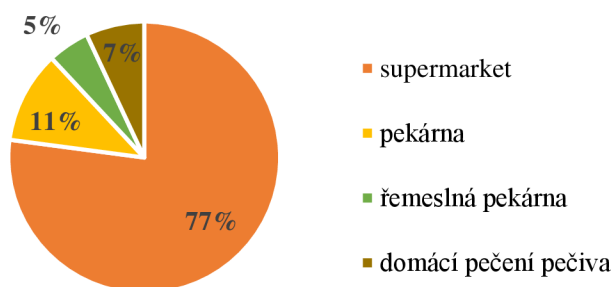
Graf 4.12. prezentuje preferenci typů pečiva, v závislosti na druhu použité mouky. Respondenti mohli označit více (3 z 6 nabízených) odpovědí. Možnost celozrnné pečivo byla vybírána nejvíce respondenty (64 %). Následovalo světlé pšeničné pečivo (50 %) a žitné, popř. žitnopšeničné pečivo (38 %) s podobným zastoupením jako

vícezrnné pečivo (33 %). Nejméně označované bylo pečivo bezlepkové (5 %) a večerní neboli proteinové pečivo (7 %).

Švédský výzkum prováděný spolupracovníky Sandvik et al., (2017) uvádí, že 1/3 respondentů konzumuje převážně chléb bílý. Tento trend byl zaznamenán hlavně u jedinců mladších generací, popř. s nižším vzděláním, dětmi v rodině či s jistým nezájmem o zdravý životní styl. Výzkum probíhající na *Agricultural University and Medicine Veterinary* v Rumunsku zveřejnil výsledky o preferencích respondentů. Mimo jiné uvádí, že nejvíce preferovaný je světlý pšeničný chléb (37 %), následuje pšeničný celozrnný (23 %) a poté (17 %) „černý“ a žitný chléb (Gindu et al., 2015). Naopak studie *Cambridge university* z roku 2001 uvádí, že respondenti z Finska nejvíce preferují chléb žitný, dále celozrnný a nejméně pšeničný světlý. Konzumaci světlého pečiva také spojují s nižším věkem a vzděláním (Prättälä et al., 2001).

Podle různorodých výsledků zahraničních výzkumů lze předpokládat, že pro každou zemi je specifický určitý druh pečiva, k jehož konzumaci se obyvatelé ve velké míře přiklánějí (severní země žitné pečivo, jižní přímořské oblasti naopak pšeničné pečivo z nízko vymílané mouky). Zároveň je třeba vyzdvihnout informovanost populace o benefitech celozrnných produktů, jelikož vyšší konzumace světlého pečiva je často spojována s nižším vzděláním konzumentů. Švédská studie (Laatikainen et al., 2017) dokonce uvádí, že „kyselá“ chuť žitného chleba byla mladšími hodnotiteli hodnocena jako negativní.

Graf 4.13. Místo nejčastějšího nákupu pečiva, n = 115



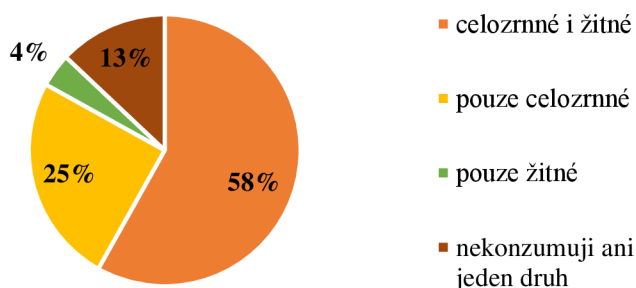
Graf 4.13. ukazuje, že více jak tři čtvrtiny dotazovaných nakupuje pečivo v prostorách supermarketu. 11 % respondentů preferuje spíše nákup v pekárnách + 5 % v řemeslných pekárnách. Řemeslné pekárny jsou malé kamenné provozovny, ve kterých je kladen důraz na ruční výrobu a originalitu každého výrobku. Zároveň

jsou ve většině případů používány kvalitní suroviny a tak jsou ceny výrobků v porovnání s velkovýrobním pečivem prokazatelně vyšší. Zbýlých 7 % respondentů upřednostňuje domácí pečení.

Studie, probíhající na Slovensku (Kubicová a Predanociová, 2018) uvádí, že nejvíce respondentů (51 %) nakupuje pečivo v supermarketech a v pekárnách 28 %.

Následující 4 otázky byly zaměřeny na konzumaci celozrnného a žitného pečiva, jejich zdravotnímu významu a důležitosti ve stravě. Zároveň byly testovány vědomosti respondentů na tuto problematiku.

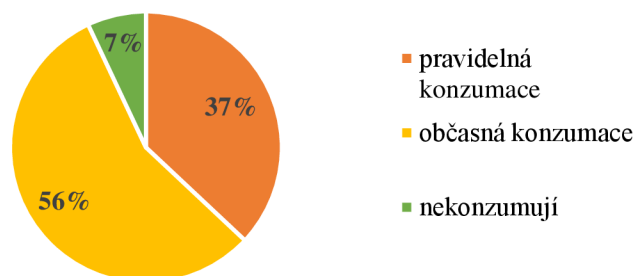
Graf 4.14. Zařazení celozrnných druhů pečiva do svého stravování, $n = 115$



Celozrnné pečivo je často spojováno s trendy zdravého životního stylu a redukcí váhy. Je však třeba ho vnímat jako jeden z nejvýznamnějších zdrojů vlákniny, která složí jako prevence karcinomu tlustého střeva a konečníku. Doporučený příjem dle Světové zdravotnické organizace WHO by měl odpovídat 25-30 g/den (Kohout, 2021).

Graf 4.14. mapuje konzumaci celozrnného a žitného pečiva v běžné stravě respondentů. Nejvíce vybranou odpovědí byla konzumace obou uvedených druhů (celozrnné i žitné), 25 % respondentů konzumuje z tohoto výběru pouze celozrnné a 4 % naopak pouze žitné pečivo. Ani jeden uvedený druh ne Konzumuje 13 % dotazovaných.

Graf 4.15. Četnost konzumace celozrnného a žitného pečiva, n=115



Doprovodným grafem (graf 4.15.) k předchozí otázce je četnost konzumace celozrnného a žitného pečiva. Pravidelně zařazuje do své stravy celozrnné (žitné) pečivo pouze 37 % respondentů. Zbýlých 56 % konzumuje tyto druhy nepravidelně – občas a 7 % nezařazuje tyto druhy vůbec.

Norský výzkum (Bakken et al., 2016) uvádí, že respondenti, kteří vypověděli vícečetnou konzumaci celozrnného pečiva, se rovněž věnují pohybovým aktivitám a také vykazují nižší četnost či úplnou absenci užívání návykových látek a kouření.

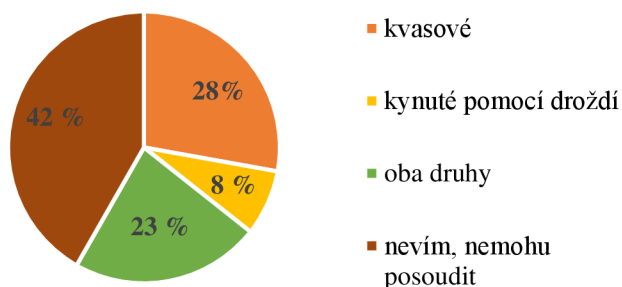
Tabulka 4.4. Znalosti zdravotních benefitů celozrnného pečiva, n = 115

Respondenti, kteří uvádějí, že znají benefity	53 %
Respondenti, kteří neznají benefity	47 %

Pokud respondenti odpověděli na otázku „Víte, jaké benefity zahrnuje celozrnné pečivo“ – ANO (tabulka 4.4.), měli dále uvést v otevřené otázce konkrétně jaké benefity mají na mysli. Nejčastější odpovědí byla „vláknina,“ kterou uvedla polovina respondentů. Dalšími – již méně častými možnostmi byla např. ochrana střev před nádorovým onemocněním, podpora jejich funkce, vyšší obsah vitaminů a minerálních látek, delší pocit nasycení, nižší glykemický index, vyšší biologická hodnota výrobku či zdravější a chutnější alternativa pečiva. Dále bylo zaznamenáno i několik chybných odpovědí, mezi které patří např. lepší stravitelnost, nižší obsah tuku, nižší obsah lepku nebo že neobsahuje tzv. „prázdné kalorie.“

Následující otázky byly věnovány rozdílu mezi pečivem kvasovým a kynutým za pomoci pekárenského droždí.

Graf 4.16. Preference kynutého pečiva za pomoci kvasu nebo kvasnic, $n = 115$



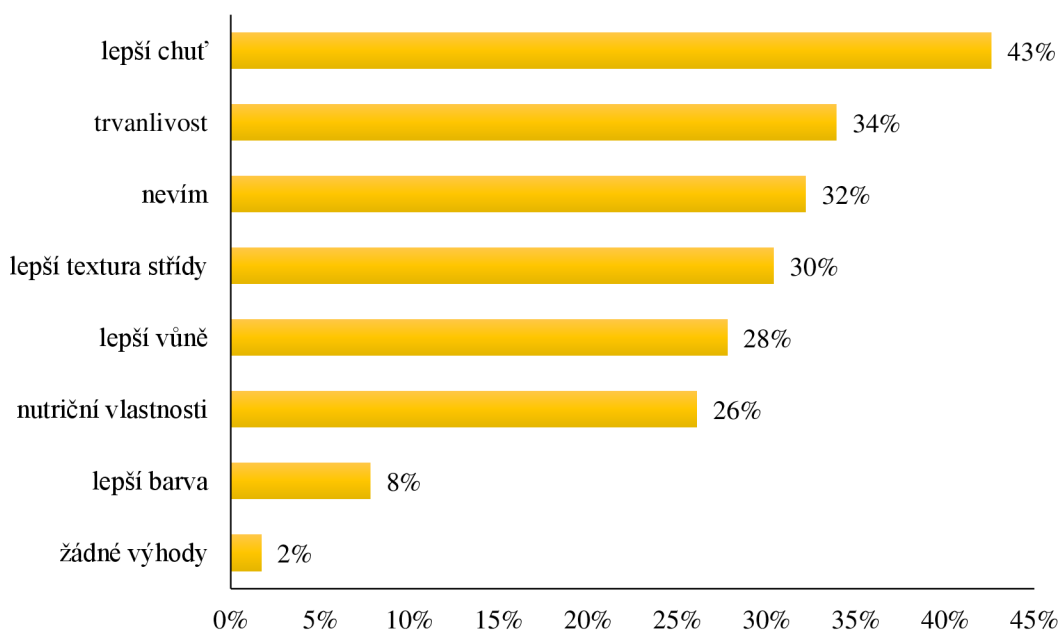
První z této kategorie otázek (zobrazená grafem 4.16.) se respondentů dotazovala, zda preferují pečivo kynuté za pomoci kvasu či kvasnic. Nejvíce, tedy 42 % respondentů uvedlo možnost, že neví nebo nemohou posoudit. 28 % preferuje kvasové pečivo a 8 % pečivo kynuté. Oba druhy, bez preference uvedlo 23 % respondentů.

V následující otázce měli respondenti v otevřené odpovědi odůvodnit svou volbu odpovědi. Respondenti preferující kvasové pečivo odpovídali, že kvasové pečivo má lepší senzorycké vlastnosti (především vyzdvihována byla chuť a vůně), dále je lépe tráveno, je zdravější a není nadýmavé. Také bylo několikrát uvedeno, že mají respondenti vlastní kvas, ze kterého si chléb pečou. Ve spojitosti s droždím byla na druhou stranu uváděna nižší cena. Zajímavou odpovědí bylo „sladké pečivo radši z droždí, chléb kvasový.“

Respondenti byli dále dotazováni, zda dokáží vysvětlit, pojem „kvas.“ Tato otázka byla nepovinná a odpovědělo na ni 41 z celkových 115 respondentů. Ze získaných odpovědí bylo 83 % (34 odpovědi) správně definovaných. Zbytek byl chybně formulován, tedy jako droždí (kvasnice) rozdrobené v mléce/vodě s cukrem (předstupuň při kynutí za pomoci kvasnic), se kterým má zkušenosti mnohem více lidí než s kvasem.

Graf 4.17. znázorňuje, které z nabízených možností považují respondenti za výhody kvasového pečiva při porovnání s kynutým pečivem s droždím. Respondenti mohli označit libovolný počet odpovědí, přičemž nejvíce vybranou možností byla lepší chuť pečiva (43 %), následovala delší čerstvost a trvanlivost (34 %) a lepší textura střídy (30 %). Méně časté byly parametry lepší vůně (28 %) a nutriční vlastnosti (26 %). 8 % respondentů se domnívá, že kvas má pozitivní vliv i na barvu výsledného výrobku. Zbýlých 32 % respondentů si nebylo jistých odpovědí na tuto otázku a 2 % jsou přesvědčeni, že kvas nemá vliv na žádnou z uvedených vlastností.

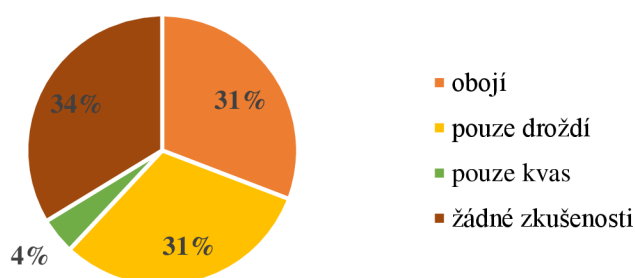
Graf 4.17. Výhody kvasového pečiva v porovnání s pečivem kypřeným kvasnicemi, $n = 199$ *



* bylo možné vybrat více odpovědí

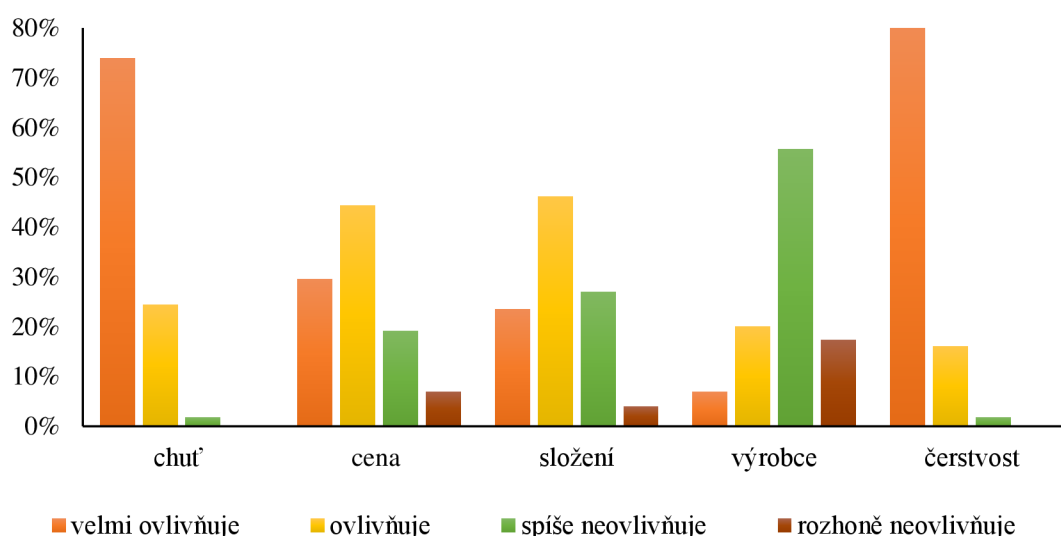
Následující otázka byla zaměřena na to, jaké jsou výhody pečiva upečeného za pomoci kvasnic. Otázka byla otevřená. Respondenti převážně uváděli snadnou a rychlou přípravu v porovnání s přípravou kvasového pečiva.

Graf 4.18. Zkušenosti respondentů s přípravou pečiva z kvasu a droždí, $n = 115$



Graf 4.18. znázorňuje, jaké mají respondenti zkušenosti s kvasem a kvasnicemi v přípravě pečiva. Tato otázka rozdělila respondenty na 3 stejnoměrné skupiny, kdy 34 % dotazovaných uvedlo, že nemá žádné zkušenosti (ani s kvasem, ani s droždím), 31 % respondentů má zkušenosti pouze s droždím a 31 % s oběma varianty. Poslední 4 % respondentů má zkušenosti pouze s přípravou pečiva za pomoci kvasu.

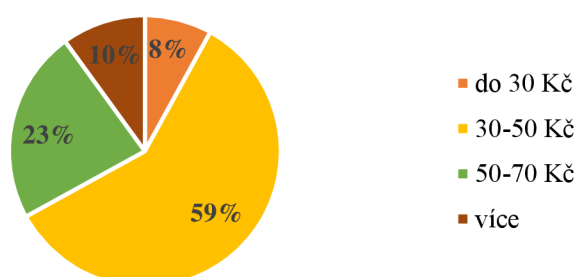
Graf 4.19. Faktory, ovlivňující výběr pečiva dotazovaných respondentů, n = 115



Předposlední otázka dotazníku mapovala, jak moc jednotlivé faktory ovlivňují výběr respondentů při nákupu pečiva. Z grafu 4.19. lze vyčíst, že nejvíce ovlivňuje zákazníky čerstvost (82 % + 16 %) a chuť (74 % + 24 %) výrobku. Následuje cena a složení. Ukázalo se, že výrobce není pro respondenty důležitým ukazatelem – možnost „spíše neovlivňuje“ označilo 56 % respondentů a „vůbec neovlivňuje“ 17 %.

Na konferenci Foodbalt v Litvě roku 2017 byly prezentovány studie dotazníkového šetření, týkající se konzumace chleba. Respondenti měli rovněž uvést faktory, ovlivňující jejich výběr při nákupu. U pšeničného bílého pečiva je rozhodující cena, kterou následuje datum expirace a výrobce. Naopak pro žitný chléb jako rozhodující faktor (46 %) uváděn výrobce. Dále pak opět cena a trvanlivost výrobku (Eglite a Kunkulberga, 2017).

Graf 4.20. Maximální částka, kterou jsou respondenti tolerovat a utratit za 500g chléb, n = 115



Poslední otázka byla zaměřena na ceny výrobků – konkrétně 500g bochníku chleba, jehož ceny jsou dnes velice různorodé. Graf 4.20. zachycuje, odpovědi re-

spondentů, kdy nejvíce (59 % respondentů) zvolilo cenové rozpětí 30-50 Kč. 23 % dotazovaných je ochotno zaplatit o něco více, konkrétně 50-70 Kč a 10 % nad 70 Kč za kus. Zbýlých 8 % uvedlo možnost do 30 Kč.

Dřízal (2021) uvedl v ročence *Pekařská statistika*, spadající pod Český statistický ústav průzkum vývoje cen za chléb v zemích EU. „*Nejdražší chléb je ve Finsku, Rakousku a Itálii,*“ kdežto v České republice je zařazen na 5. příčku nejlevnějších míst. Statistický výzkum však probíhal v roce 2020. Dnes se ceny pečiva pohybují v mnohem výše – ČSU uvádí zdražení cen o 1/3.

Závěr

Cílem práce bylo posoudit vliv použití různých druhů kvasů a pekárenských kvasnic na kvalitativní parametry chlebů. K výrobě kvasových chlebů byla použita stejná receptura, avšak za užití tří různých druhů kvasů. Pro srovnání byl upečen chléb kypřený za pomoci kvasnic s upravenou recepturou. K dosažení stanoveného cíle bylo užito dvou typů analýz (fyzikálněchemické a senzorické) a dotazníkového šetření.

Při fyzikálněchemické analýze byl pozorován rozdíl ve změnách při stárnutí chlebů. Dle textuometru byla skupina chlebů, kypřených za pomoci droždí po celou dobu skladování nejměkčí a zároveň nebyl pozorován významný nárůst tvrdosti. U kvasových chlebů byla prokazatelná změna vlivem stárnutí při každém měření. Je třeba dodat, že i u vzorku, kypřeným droždím docházelo během stárnutí k texturním změnám, avšak nejednalo se o tvrdost, ale o soudržnost, které však nebyla v této analýze věnována pozornost.

Při senzorické analýze byly všechny vzorky hodnoceny velmi podobně. Nejméně znatelná pórovitost střídy vzorku z žitné celozrnné mouky ovlivnila výsledné zhodnocení vzhledu, kdy právě tento chléb byl hodnocen nejhůře. I přes to byl po zhodnocení všech kvalitativních parametrů zařazen pořadovou zkouškou po chlebu s celozrnným pšeničným kvasem na druhé místo. V následném pořadí pokračoval chléb z kvasu žitného výrazkového a jako poslední vzorek kypřený droždím.

Z dotazníkového šetření bylo zjištěno, že 42 % respondentů nemůže posoudit, zda preferuje konzumaci kvasového či kvasnicového pečiva. Kvasové pečivo preferuje 28 % respondentů.

Je zřejmé, že většina populace má v podvědomí, že existuje rozdíl mezi kvasem a průmyslově vyráběnými pekárenskými kvasnicemi, které se prodávají pod názvem „droždí.“ Ne každý je však schopný vysvětlit rozdíl. Kvasové pečivo je vnímáno jako lepší verze pekárenských výrobků, za kterou si jsou někteří jedinci ochotni připlatit. Založení kvasu v domácích podmínkách není složité, ani finančně náročné, avšak celý proces je však časově náročnější než za použití pekárenských kvasnic.

Práce vyzdvihuje „plusy i mínusy“ obou druhů kypření těst. Pro kvas je však charakteristická typicky nakyslá chuť, způsobená BMK. Je pravděpodobné, že tato chuť je lidmi v případě chleba obvykle vyžadována, avšak u sladkého pečiva nikoli. Pekařské kvasnice, použité do těsta na vánočku či kynuté buchty mohou být v takovém případě nepochybně lepší volbou.

SEZNAM ZDROJŮ A POUŽITÉ LITERATURY

- 1 Amann, L. S., Frank, O., Dawid, C. a Hofmann, T. F. (2022). The Sensory-Directed Elucidation of the Key Tastants and Odorants in Sourdough Bread Crumb. *Foods*, 11(15), 2325. <https://doi.org/10.3390/foods11152325>
 - 2 Arendt, E. K., Ryan, L. A. M. a Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24(2), 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>
 - 3 Bakken, T., Braaten, T., Olsen, A., Kyrø, C., Lund, E. a Skeie, G. (2016). Consumption of Whole-Grain Bread and Risk of Colorectal Cancer among Norwegian Women (the NOWAC Study). *Nutrients*, 8(1), 40. <https://doi.org/10.3390/nu8010040>
 - 4 Belitz, H. -D. a Grosch, W. (1999). *Food chemistry* (2nd ed). Springer.
 - 5 Carocho, M., Morales, P., Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Ferreira, E., Heleno, S., Rodrigues, P., Barros, L. a Ferreira, I. C. F. R. (2020). Comparison of different bread types: Chemical and physical parameters. *Food Chemistry*, 310, 125954. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125954>
 - 6 Cihlářová, M. (2022). *Možnosti využití necereálních mouk v pekařství* [Diplomová práce]. Masarykova univerzita, Agronomická fakulta.
 - 7 De Vuyst, L., Vrancken, G., Ravyts, F., Rimaux, T. a Weckx, S. (2009). Biodiversity, ecological determinants, and metabolic exploitation of sourdough microbiota. *Food Microbiology*, 26(7), 666-675.
 - 8 Decock, P. a Cappelle, S. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science a Technology*, 16(1-3), 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.04.012>
 - 9 Delarca Ruiz, F., Aleman, R. S., Kazemzadeh Pournaki, S., Sarmiento Madrid, M., Muela, A., Mendoza, Y., Marcia Fuentes, J., Prinyawiwatkul, W. a King, J. M. (2023). Development of Gluten-Free Bread Using Teosinte (*Dioon mejiae*) Flour in Combination with High-Protein Brown Rice Flour and High-Protein White Rice Flour. *Foods*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/foods12112132>
 - 10 Demirkesen-Bicak, H., Arici, M., Yaman, M., Karasu, S. a Sagdic, O. (2021). Effect of Different Fermentation Condition on Estimated Glycemic Index, In
-

-
- Vitro Starch Digestibility, and Textural and Sensory Properties of Sourdough Bread. *Foods*, 10(3), 514. <https://doi.org/10.3390/foods10030514>
- 11 Difference between fermentation and respiration. *Pediaa*.
 - 12 Dohányos, M. (2012). *Závislost výtěžku metanu na složení a předúpravě suroviny*. GBA. Retrieved August 22, 2023, from <https://www.czba.cz/zavislost-vytezku-metanu-na-slozeni-a-preduprave-suroviny.html>
 - 13 Dunklerová, M. (2021). *Stanovení obsahu lepku ve vybraných potravinách* [Diplomová práce]. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav technologie potravin.
 - 14 Dvořák, M. (2013). *Studium vztahu mikrostruktury pšeničného lepku a kvantitativního zastoupení lepkových proteinů* [Diplomová práce]. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.
 - 15 Dvořáková, P., Kráčmar, S. a Burešová, I. (2012). Textural properties of bread formulations based on buckwheat and rye flour. *Acta universitatis agriculturae et silvicurae Mendelianae Brunensis*, LX(5), 61-68.
 - 16 Eglite, A. a Kunkulberga, D. (2017). Bread choice and consumption trends. *Foodbalt*, 178-182. <https://doi.org/10.22616/foodbalt.2017.005>
 - 17 Eram, M. S. a Ma, K. (2013). Decarboxylation of Pyruvate to Acetaldehyde for Ethanol Production by Hyperthermophiles. *Biomolecules*, 3(3), 578–596. <https://doi.org/10.3390/biom3030578>
 - 18 Fath, B. (2019). *Encyclopedia of Ecology* (2nd). Elsevier B.V.
 - 19 *Fermentace*. Bezpečnost potravin. Retrieved July 18, 2023, from <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/fermentace/>
 - 20 Flasarová, R. (2018). *Biogenní aminy ve vybraných skupinách přírodních sýrů* [Disertační práce]. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.
 - 21 Gindu, E., Chiran, A., Vizitue, S., Jitareani, A. -F. a Dobrota, B. (2015). STUDY REGARDING THE PURCHASE AND CONSUMPTION BEHAVIOR FOR BREAD OF IAȘI COUNTY POPULATION (CASE STUDY). *Lucrări Științifice*, 58(2), 227-232.
 - 22 Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K. a Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality, 16(1-3), 12-30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011>
-

-
- 23 Gomes, R. J., Borges, M. de F., Rosa, M. de F., Castro-Gómez, R. J. H. a Spinosa, W. A. (2018). Acetic Acid Bacteria in the Food Industry: Systematics, Characteristics and Applications. *Food Technology and Biotechnology*, 56(2), 139-151. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.02.18.5593>
- 24 Görner, F. a Valík, L. (2004). *Aplikovaná mikrobiologie požívatin*. Malé Centrum.
- 25 Hansen, Å. a Hansen, B. (1994). Influence of Wheat Flour Type on the Production of Flavour Compounds in Wheat Sourdoughs. *Journal of Cereal Science*, 19(2), 185-190. <https://doi.org/10.1006/jcsc.1994.1025>
- 26 Hansen, A. a Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects, 16(1-3), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.03.007>
- 27 Haros, C. a Schoenlechner, R. (2017). *Pseudocereals: Chemistry and Technology*. Wiley-Blackwell.
- 28 Hernández-Figueroa, R. H., Mani-López, E., Palou, E. a López-Malo, A. (2024). Sourdoughs as Natural Enhancers of Bread Quality and Shelf Life: A Review. *Fermentation*, 10(1), 7. <https://doi.org/10.3390/fermentation10010007>
- 29 Hoover, D. G. (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology* (2nd eddition). Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- 30 Hutkins, R. W. (2019). *Microbiology and technology of fermented foods* (2.nd ed.). Blackwell Pub.
- 31 Ibrahim, S. A., Gyawali, R., Awaisheh, S. S., Ayivi, R. D., Silva, R. C., Subedi, K., Aljaloud, S. O., Anusha Siddiqui, S. a Krastanov, A. (2021). Fermented foods and probiotics: An approach to lactose intolerance. *Journal of Dairy Research*, 88(3), 357-365. <https://doi.org/10.1017/S0022029921000625>
- 32 Jan, N., Naik, H. R., Gani, G., Bashir, O., Amin, T., Wani, S. M. a Sofi, S. A. (2022). Influence of replacement of wheat flour by rice flour on rheo-structural changes, in vitro starch digestibility and consumer acceptability of low-gluten pretzels. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00088-y>
- 33 Johánek, M. (2011). *Možnosti ovlivňování textury masa kapra obecného (Cyprinus carpio)* [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod.
-

-
- 34 Jury, V., Pinson, A., Launay, J. a Le Bail, A. (2015). Impact of refrigeration conditions of energy consumption and energy efficiency index of frozen part baked bread. file:///C:/Users/vanda/Downloads/IMPACT_OF_REFRIGERATION_CONDITIONS_ON_ENERGY_CONSU.pdf
- 35 Kadlec, P., Melzoch, K. a Voldřich, M. (2012). *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Key Publishing.
- 36 Kasper, H. (2015). *Výživa v medicíně a dietetika*. Grada.
- 37 Katina, K., Heiniö, R. -L., Autio, K. a Poutanen, K. (2006). Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 39(10), 1189-1202. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.001>
- 38 Katz, E. E. a Labuza, T. P. (1981). Effect of Water Activity on the Sensory Crispness and Mechanical Deformation of Snack Food Products. *Journal of Food Science*, 46(2), 403-409. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04871.x>
- 39 Katz, S. E. (2020). *Síla přírodní fermentace*. Alferia.
- 40 Kotoki, D. a Deka, S. C. (2010). Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 128-131. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0008-2>
- 41 Krejsek, J., Plocková, M., Horáčková, Š., Tlaskalová, H., Nevorál, J., Dostálová, J. a Kopáček, J. (2018). *Bakterie mléčného kvašení, probiotika a fermentované mléčné výrobky*. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny.
- 42 Kubíková, L. a Predanociová, K. (2018). Situation in the Market of Bakery Products. *International Scientific Days 2018. Towards Productive, Sustainable and Resilient Global Agriculture and Food Systems: Proceedings*, 391-406. <https://doi.org/10.15414/isd2018.s2-1.09>
- 43 Kubíková, V. (2010). *Kvasnice v pekárenském a pivovarském průmyslu* [Bakalářská práce]. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.
- 44 Kučerová, J. (2016). *Technologie cereálií* (Druhé přepracované vydání). Mendelova univerzita.
- 45 Kurková, M. (2020). *Vliv přídavku vody na texturní charakteristiky pečiva* [Diplomová práce]. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.
-

-
- 46 Laatikainen, R., Koskenpato, J., Hongisto, S. -M., Loponen, J., Poussa, T., Huang, X., Sontag-Strohm, T., Salmenkari, H. a Korpela, R. (2017). Pilot Study: Comparison of Sourdough Wheat Bread and Yeast-Fermented Wheat Bread in Individuals with Wheat Sensitivity and Irritable Bowel Syndrome. *Nutrients*, 9(11), 75-82. <https://doi.org/10.3390/nu9111215>
- 47 Lahue, C., Madden, A. A., Dunn, R. R. a Smukowski Heil, C. (2020). History and Domestication of *Saccharomyces cerevisiae* in Bread Baking. *Frontiers in Genetics*, 11, 584718. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.584718>
- 48 Lahue, C., Madden, A. A., Dunn, R. R. a Smukowski Heil, C. (2020). History and Domestication of *Saccharomyces cerevisiae* in Bread Baking. *Frontiers in Genetics*, 11(11), 584718. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.584718>
- 49 Lee, F. A. (2012). *Basic Food Chemistry*. Springer Dordrecht.
- 50 Lewis, V. P. a Yang, S. -T. (1992). Propionic acid fermentation by *Propionibacterium acidipropionici*: effect of growth substrate. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 37(4), 437-442. <https://doi.org/10.1007/BF00180964>
- 51 Lin, M. -Y., Yen, C. -L. a Chen, S. -H. (1998). Management of lactose maldigestion by consuming milk containing lactobacilli. *Digestive Diseases and Sciences*, 43(1), 133-137. <https://doi.org/10.1023/A:1018840507952>
- 52 Liu, C., Chang, Y., Li, Z. a Liu, H. (2012). Effect of ratio of yeast to Jiaozi on quality of Chinese steamed bread. *Procedia Environmental Sciences*, 12, 1203-1207. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.408>
- 53 Machala, K. (2008). *Kvašená zelenina pro zdraví a vitalitu: léčivé účinky, recepty, historie*. ANAG.
- 54 Manna, M., Han, G., Seo, Y. -S. a Park, I. (2021). Evolution of Food Fermentation Processes and the Use of Multi-Omics in Deciphering the Roles of the Microbiota. *Foods*, 10(11), 2861. <https://doi.org/10.3390/foods10112861>
- 55 *Microorganisms a Microbial-Derived Ingredients Used in Food*. (2018). U.S. Food a Drug administration. Retrieved August 9, 2023, from <https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/microorganisms-microbial-derived-ingredients-used-food-partial-list>
- 56 Mikuš, J. (2019). *Vliv autolýzy kvasnic na složení vína* [Diplomová práce]. Mendelova Univerzita, Fakulta zahradnická v Lednici.
- 57 Moo-Young, M. (2011). *Comprehensive biotechnology* (2nd ed). Elsevier.
-

-
- 58 Nordlund, E., Katina, K., Mykkänen, H. a Poutanen, K. (2016). Distinct Characteristics of Rye and Wheat Breads Impact on Their in Vitro Gastric Disintegration and in Vivo Glucose and Insulin Responses. *Foods*, 5(4), 24. <https://doi.org/10.3390/foods5020024>
- 59 Pérez-Alvarado, O., Zepeda-Hernández, A., Garcia-Amezquita, L. E., Requena, T., Vinderola, G. a García-Cayuela, T. (2022). Role of lactic acid bacteria and yeasts in sourdough fermentation during breadmaking: Evaluation of postbiotic-like components and health benefits. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.969460>
- 60 Pospiech, M. a Pažout, V. (2012). *HYGIENA A TECHNOLOGIE VEGETABILNÍCH PRODUKTŮ*. Fakulta veterinární hygieny a ekologie.
- 61 Prättälä, R., elasoja, V. a Mykkänen, H. (2001). The consumption of rye bread and white bread as dimensions of health lifestyles in Finland. *Public Health Nutrition*, 4(3), 813-819. <https://doi.org/10.1079/PHN2000120>
- 62 Prugar, J. (2008). *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí* (3. vydání). Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV.
- 63 Reddel, S., Putignani, L. a Del Chierico, F. (2019). The Impact of Low-FODMAPs, Gluten-Free, and Ketogenic Diets on Gut Microbiota Modulation in Pathological Conditions. *Nutrients*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/nu11020373>
- 64 Ribet, L., Dessalles, R., Lesens, C., Brusselaers, N. a Durand-Dubief, M. (2023). Nutritional benefits of sourdoughs. *Advances in Nutrition*, 14(1), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.003>.
- 65 Rizzello, C. G., Portincasa, P., Montemurro, M., Di Palo, D. M., Lorusso, M. P., De Angelis, M., Bonfrate, L., Genot, B. a Gobbetti, M. (2019). Sourdough Fermented Breads are More Digestible than Those Started with Baker's Yeast Alone: An In Vivo Challenge Dissecting Distinct Gastrointestinal Responses. *Nutrients*, 11(12), 2954. <https://doi.org/10.3390/nu11122954>
- 66 Sakandar, H. A., Hussain, R., Kubow, S., Ahmed, F., Huang, W. a Imran, M. (2019). Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), e13883 - e13883.
- 67 Sandvik, P., Kihlberg, I., Lindroos, A. K., Marklinder, I. a Nydahl, M. (2017). Bread consumption patterns in a Swedish national dietary survey fo-
-

-
- cusing particularly on whole-grain and rye bread, 58(1), 24024. <https://doi.org/10.3402/fnr.v58.24024>
- 68 Sandvik, P., Marklinder, I., Nydahl, M., Næs, T. a Kihlberg, I. (2016). Characterization of Commercial Rye Bread Based on Sensory Properties, Fluidity Index and Chemical Acidity. *Journal of Sensory Studies*, 31(4), 283-295. <https://doi.org/10.1111/joss.12211>
- 69 Sandvik, P., Nydahl, M., Marklinder, I., Næs, T. a Kihlberg, I. (2017). Different liking but similar healthiness perceptions of rye bread among younger and older consumers in Sweden. *Food Quality and Preference*, 61, 26-37. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.04.016>
- 70 Schalk, K., Lexhaller, B., Koehler, P., Scherf, K. A. a Sestak, K. (2017). Isolation and characterization of gluten protein types from wheat, rye, barley and oats for use as reference materials. *PLOS ONE*, 12(2), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172819>
- 71 Schober, T. J., Dockery, P. a Arendt, E. K. (2003). Model studies for wheat sourdough systems using gluten, lactate buffer and sodium chloride. *European Food Research and Technology*, 217(3), 235-243. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0747-7>
- 72 Sigmundová, K. (2022). *Vliv bakterie Lactocaseibacillus casei na redukci biogenních aminů ve vybraných mléčných produktech* [Diplomová práce]. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.
- 73 Skřivan, P. (2021). *Fermentační procesy v cereální technologii – kvasy a kvašení*. Retrieved March 15, 2024, from <https://www.zitnecentrum.cz/2021/12/26/fermentacni-procesy-v-cerealni-technologie/>
- 74 Skřivan, P. a Sluková, M. (2019). *Kvasy v pekárenské technologii – současné pohledy*. Retrieved March 15, 2024, from <https://www.zitnecentrum.cz/2019/01/25/kvasy-v-pekarenske-technologie-soucasne-pohledy/>
- 75 Stieglmeier, M., Wirth, R., Kmínek, G. a Moissl-Eichinger, C. (2009). Cultivation of Anaerobic and Facultatively Anaerobic Bacteria from Spacecraft-Associated Clean Rooms. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(11), 3484-3491. <https://doi.org/10.1128/AEM.02565-08>
-

-
- 76 Šedivý, P., Albrecht, J. a . (2014). *Pekařská technologie*. Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář.
- 77 Šedivý, P., Dostál, J., Kovaříková, D. a Martinek, V. (2013). *Pekařská technologie*. Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář.
- 78 Šedivý, P., Hanus, M., Řehák Nováková, E. a Skřivan, P. (2015). *Pekařská technologie*. Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář.
- 79 Šilhánková, L. (2002). *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology* (Vyd. 3., opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd). Academia.
- 80 Therdthai, N. a Jitrakbumrung, S. (2014). Effect of Addition of Sourdough on Physicochemical Characteristics of Wheat and Rice Flour Bread. *Kasetsart Journal - Natural Science*, 48(6), 964-969.
- 81 Trhoňová, I. a Gottwaldová, L. (2019). *Upečeno s láskou: kváskový chléb a pečivo*. CPress.
- 82 Ullmann, A. (2023, July 18). Louis Pasteur. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/biography/Louis-Pasteur>
- 83 Urade, R., Sato, N., & Sugiyama, M. (2018). Gliadins from wheat grain: an overview, from primary structure to nanostructures of aggregates. *Biophysical Reviews*, 10(2), 435-443. <https://doi.org/10.1007/s12551-017-0367-2>
- 84 Velíšek, J. a Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin* (Rozš. a přeprac. 3. vyd). OSSIS.
- 85 Verdonck, C., De Bondt, Y., Pradal, I., Bautil, A., Langenaeken, N. A., Brijs, K., Goos, P., De Vuyst, L. a Courtin, C. M. (2023). Impact of process parameters on the specific volume of wholemeal wheat bread made using sourdough- and baker's yeast-based leavening strategies. *International Journal of Food Microbiology*, 396, 110193. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110193>
- 86 Veverka, J. (2012). *Biogenní aminy v hroznech révy vinné a ve víně* [disertační práce]. Mendelova Univerzita, Fakulta zahradnická.
- 87 *Všeobecná encyklopedie v osmi svazcích*. (1999). Diderot.
- 88 Wagner, M. J., Lucas, T., Le Ray, D. a Trystram, G. (2007). Water transport in bread during baking. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1167-1173. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.029>
-

-
- 89 Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y. a Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 612285. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>
- 90 Ward, O. P. (1947). *Fermentation technology*. Wiley.
- 91 Žídek, M. (2004). *Anaerobní digesce zvolených substrátů na laboratorním fermentoru: sborník příspěvků ze semináře: Energie biomasy III*. Vysoké učení technické.
- 92 Zlatohlávek, L. (2019). *Klinická dietologie a výživa* (Druhé rozšířené vydání). Current media.
-

Seznam obrázků

Obrázek 1.1. Schéma růstové křivky mikroorganismů	23
---	----

Seznam tabulek

Tabulka 1.1. Rozdělení fermentačních procesů využívaných v potravinářství, na základě výchozího metabolitu.....	12
Tabulka 1.2. Složení celého zrna lepkových obilovin	18
Tabulka 1.3. Triviální názvy a procent. zastoupení glutenových proteinů	19
Tabulka 1.4. Označení pro pšeničnou mouku.....	20
Tabulka 1.5. Označení pro žitnou mouku.....	20
Tabulka 1.6. Zastoupení živin v pseudoobilovinách	21
Tabulka 1.7. Podíl kvasinek a bakterií ve vitálním kvasu.....	25
Tabulka 4.1. Vliv kvasu/kvasnic na stárnutí chleba, resp. na jeho tvrdost	41
Tabulka 4.2. Průměrné pořadí hodnocených vzorků	46
Tabulka 4.3. Četnosti respondentů (%) v závislosti na daných faktorech	47
Tabulka 4.4. Znalosti zdravotních benefitů	51

Seznam grafů

Graf 4.1. Vliv použitého kvasu/kvasnic na kyselost vykynutého těsta.....	35
Graf 4.2. Vliv kvasu/kvasnic na kyselost upečených bochníků	36
Graf 4.3. Vliv kvasu/kvasnic na ztrátu vody během pečení	37
Graf 4.4. Vliv použitého kvasu/kvasnic na objemovou hmotnost upečených bochníků	39
Graf 4.5. Vliv kvasu/kvasnic na výslednou barvu chleba	39
Graf 4.6. Vliv použitého kvasu/kvasnic na pórovitost (I) vláčnost střídy (II), křupavost kůrky (III) a celkovou přijatelnost textury (IV).....	42
Graf 4.7. Vliv kvasu/kvasnic na přijatelnost barvy (I) a celkovou přijatelnost vzhledu chleba (II)	43
Graf 4.8. Vliv použitého kvasu na přijatelnost vůně (I) a intenzitu chlebové vůně (II)	44
Graf 4.9. Vliv použitého kvasu či droždí na přijatelnost chuti (I) a intenzitu kyselé chuti (II)	45
Graf 4.10. Pořadová zkouška připravených vzorků, dle četnosti jednotlivých preferencí hodnotitelů	46
Graf 4.11. Četnost konzumace pečiva	48
Graf 4.12. Preference typu pečiva, podle použité mouky.....	48
Graf 4.13. Místo nejčastějšího nákupu pečiva	49
Graf 4.14. Zařazení celozrnných druhů pečiva do svého stravování	50
Graf 4.15. Četnost konzumace celozrnného a žitného pečiva	51
Graf 4.16. Preference kynutého pečiva za pomoci kvasu nebo kvasnic.....	52
Graf 4.17. Vybrané výhody kvasového pečiva v porovnání s pečivem kypřeným kvasnicemi	53
Graf 4.18. Zkušenosti respondentů s přípravou pečiva z kvasu a droždí	53
Graf 4.19. Faktory, ovlivňující výběr pečiva dotazovaných respondentů.....	54
Graf 4.20. Maximální částka, kterou jsou respondenti tolerovat a utratit za 500g chléb	54

Seznam použitých zkratk

BMK	Bakterie mléčného kvašení
CFU	Kolonie tvořící jednotka (colony forming unit)
CL PŠ	Chléb kypřený kvasem z celozrnné pšeničné mouky
CL Ž	Chléb kypřený kvasem z celozrnné žitné mouky
ČSÚ	Český statistický úřad
D	Chléb kypřený kvasnicemi (droždím)
FDA	Úřad pro kontrolu léčiv
FODMAPS	Fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols
GRAS	Generally recognized as safe
IBS	Irritable bowel syndrome
WHO	Světová zdravotnická organizace
ŽV	Chléb kypřený kvasem z žitné výražkové mouky

Seznam příloh

Příloha č. 1 – vedení kvasu

Příloha č. 2 – formulář pro sensorickou analýzu

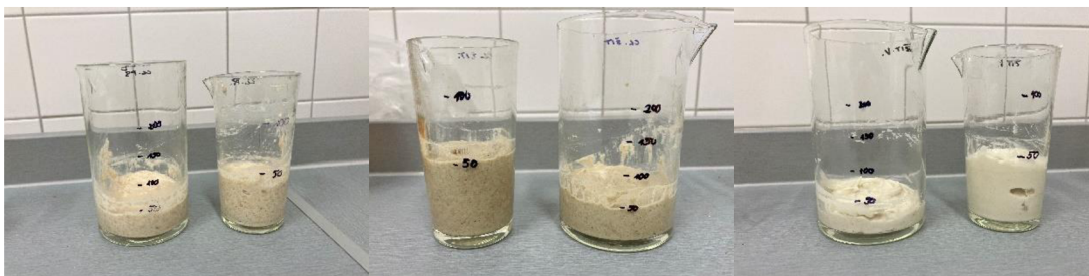
Příloha č. 3 – sensorická analýza – vzorky

Příloha č. 4 – formulář pro dotazníkové šetření

Přílohy

Příloha č. 1 – vedení kvasu

1. den – založení kvasu



(1) Celozrnný pšeničný, (2) celozrnný žitný, (3) žitný výražkový kvas

2. den



(1) Celozrnný pšeničný, (2) celozrnný žitný, (3) žitný výražkový kvas

Druhý den kvasy nejevily žádnou výraznou aktivitu. Začínala být cítit nakyslá vůně.

3. den



(1) Celozrnný pšeničný, (2) celozrnný žitný, (3) žitný výražkový kvas

Byla vidět bouřlivá aktivita kvasu (zvětšení objemu, mnoho bublinek). Stále byla cítit nakyslá vůně, kádinky byly teplé a přikrývající alobal zapařený. Kvas z žitné výražkové mouky však žádnou aktivitu nejevil.

4. den



(1) Celozrnný pšeničný, (2) celozrnný žitný, (3) žitný výražkový kvas

Kvas je objemem i konzistencí podobný předchozímu dni. Poprvé byla pozorována aktivita kvasu z žitné výražkové mouky.

Všechny následující dny už byly kvasy vzhledově velmi podobné.

Po celou dobu vyvádění byl nejvíce aktivní kvas z celozrnné žitné mouky.

Poslední den – příprava rozkvasů



(1) Celozrnný pšeničný, (2) celozrnný žitný, (3) žitný výražkový kvas

Příloha č. 2 – formulář pro senzoričnou analýzu

SENZORICKÁ ANALÝZA CHLEBŮ

pohlaví: žena muž

věk:

datum hodnocení.....

1. Vzhled

a) Střída

hutná

kyprá, pórovitá

b) Kůrka

gumová

křupavá

c) Celkový vzhled

nevyhovující

přijatelný

dobry

velmi dobrý

vynikající

d) Přijatelnost barvy

nevyhovující

přijatelná

dobrá

velmi dobrá

vynikající

2. Vůně

a) Chlebová vůně

málo výrazná

velmi výrazná

b) Příjemnost vůně

nevyhovující

přijatelná

dobrá

velmi dobrá

vynikající

3. Textura

a) Vláčnost

suchý, drobivý

vláčný

mazlavý

b) Celková textura

nevyhovující

přijatelná

dobrá

velmi dobrá

vynikající

4. Chuť

a) Intenzita nakyslé
chuti

nevýrazná

velmi kyselá

b) Celková přijatelnost

nevyhovující

přijatelná

dobrá

velmi dobrá

vynikající

POŘADOVÁ ZKOUŠKA

1 = nejlepší, 4 = nejhorší

1.	2.	3.		4.
----	----	----	--	----

Příloha č. 3 – senzorická analýza – vzorky

Chléb kypřený pšeničným celozrnným kvasem



Chléb kypřený žitným celozrnným kvasem



Chléb kypřený žitným výražkovým kvasem



Chléb kypřený za pomoci kvasnic



Příloha č. 4 – formulář pro dotazníkové šetření

1. Pohlaví

- a. Muž
- b. Žena

2. Věk

3. Jste:

- a. Pracující
- b. Student
- c. Důchodce
- d. Nepracující

4. Trpíte některým z následujících onemocnění? (*více možných odpovědí*)

- a. Celiakie
- b. Diabetes mellitus
- c. Střevní nespecifické záněty
- d. Onemocnění žlučníku, slinivky
- e. Žádným z uvedených

5. Jak často konzumujete pečivo?

- a. Několikrát denně
- b. Obvykle 1x denně
- c. Několikrát do týdne
- d. Příležitostně

6. Jaký druh pečiva preferujete? (*více možných odpovědí*)

- a. Pšeničné světlé
- b. Celozrnné
- c. Žitné, žitnopšeničné
- d. Vícezrnné
- e. Večerní/proteinové
- f. Bezlepkové

7. Kde nejčastěji kupujete pečivo?

- a. Supermarket
 - b. Pekárna (Srnín, Globus pekařství, Tritia
 - c. Řemeslná pekárna (tj. malá pekárna, ve které si pečou své vlastní pečivo, nejedná se o řetězec)
 - d. Online nákup (košík.cz)
 - e. Pečete domácí pečivo
-

8. Zařazujete do svého jídelníčku také celozrnné nebo žitné druhy pečiva?

- a. Ano, oba druhy
- b. Ano, pouze celozrnné
- c. Ano, pouze žitné
- d. Ne

9. Jak často konzumujete celozrnné nebo žitné pečivo?

- a. Pravidelně
- b. Občas
- c. Nekonzumuji celozrnné pečivo

10. Víte jaké benefity zahrnuje celozrnné pečivo?

- a. Ano
- b. Ne

11. Pokud jste uvedli „ano,“ dokázali byste nějaké vyjmenovat?

.....

12. Preferujete kvasové pečivo nebo kynuté pomocí droždí?

- a. Kvasové
- b. Kynuté pomocí droždí
- c. Obojí stejně
- d. Nevím, nemohu posoudit

13. Pokud jste vybrali „kvasové“ nebo „kynuté z droždí,“ uveďte proč.

.....

14. Dokážete stručně vysvětlit, co je kvas (lidově „kvásek“)? Pokud ne, otázku přeskočte.

15. Jaké jsou výhody kvasového pečiva? (více možných odpovědí)

- a. Lepší vůně
- b. Lepší chuť
- c. Lepší barva
- d. Lepší textura střídy nebo křupavost kůrky
- e. Pečivo vydrží déle čerstvé
- f. Nutriční vlastnosti
- g. Nevím nemohu posoudit
- h. Žádné z uvedených
- i. Jiné

16. Jaké jsou výhody pečiva kynutého pomocí droždí?

.....

17. Máte nějaké zkušenosti s pečením za pomoci droždí nebo kvasu?

- a. Ano, s obojím
- b. Ano, pouze s kvasem
- c. Ano, pouze s droždím
- d. Ne, nemám

18. Jak moc jednotlivé faktory ovlivňují Váš výběr pečiva?

	Rozhodně ano	Spíše ano	Spíše ne	Rozhodně ne
a. chuť				
b. cena				
c. složení				
d. výrobce				
e. čerstvost				

19. Jakou částku jste ochotni zaplatit za bochník chleba (o velikosti 500 g)?

- a. Do 30 Kč
 - b. 30-50 Kč
 - c. 51-70 Kč
 - d. Více
-